



Universidad
Politécnica
de Cartagena

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Patología estructural y del casco:

Métodos de protección, inspección, mantenimiento y reparación

Autor: Marc Cabrer Capó
Director: Gregorio Munuera Saura

Ingeniería Naval y Oceánica
Junio, 2014

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1.- Introducción.....	7
2.- Estado del arte.....	11
2.1.- Importancia del mantenimiento.....	12
2.1.1.- Accidente marítimo: Erika 1999.....	13
2.2.- Ingeniería del mantenimiento.....	16
2.2.1.- Ventajas e inconvenientes en función del tipo de mantenimiento.....	17
3.- Patología estructural y del casco.....	21
3.1.- Principales modos de deterioro.....	22
3.1.1.- Corrosión.....	22
3.1.2.- Fouling.....	29
4.- Recubrimientos.....	35
4.1.- Composición.....	37
4.2.- Tipos de gigantes (resinas).....	38
4.2.1.- Resinas termoestables.....	38
4.2.2.- Resinas termoplásticos.....	39
4.3.- Tipos de pigmentos.....	40
4.4.- Tipos de disolventes.....	41
4.5.- Recubrimientos anticorrosivos y recubrimientos resistentes al impacto o a la abrasión.....	42
4.5.1.- Recubrimientos anticorrosivos.....	42
4.5.2.- Recubrimientos resistentes al impacto o a la abrasión.....	43
4.6.- Imprimaciones de taller.....	44
4.7.- Principales fallos de los recubrimientos durante su aplicación.....	45
4.8.- Principales fallos de los recubrimientos en servicio.....	49
4.9.- Documentación técnica de los recubrimientos.....	57

5.- Recubrimientos para cascos.....	59
5.1.- Factores a considerar durante la selección del recubrimiento para el casco.....	61
5.1.1.- Protección y longevidad.....	61
5.1.2.- Repercusión sobre el consumo de combustible.....	61
5.1.3.- Facilidad de limpieza.....	62
5.1.4.- Dique seco.....	62
5.1.5.- Repercusión medioambiental.....	62
5.1.6.- Costes.....	63
5.1.7.- Preguntas que deberíamos realizar para la correcta selección del recubrimiento a utilizar.....	63
5.2.- Tipos de recubrimientos para cascos de buques.....	64
5.2.1.- Pinturas antifouling biocidas (AF).....	66
5.2.2.- Recubrimientos antiadherentes (FR).....	67
5.2.3.- Recubrimientos duros (inertes).....	68
5.3.- Comparación de los tipos de recubrimientos en función de los factores a considerar durante su selección.....	70
6.- Preparación de superficies y aplicación del recubrimiento.....	71
6.1.- Preparación de superficies.....	73
6.1.1.- Limpieza de superficies.....	74
6.1.2.- Limpieza mediante el uso de disolventes.....	74
6.1.3.- Limpieza por abrasión.....	74
6.1.4.- Limpieza por chorreo de barrido.....	75
6.1.5.- Limpieza mediante el uso de chorros de agua a presión.....	76
6.1.6.- Limpieza mecánica.....	77
6.1.7.- Decapado.....	77
6.1.8.- Preparación de soldaduras.....	78
6.1.9.- Preparación de bordes.....	78
6.2.- Aplicación del recubrimiento.....	79
6.2.1.- Métodos de aplicación del recubrimiento.....	79
6.2.2.- Condiciones de curado del recubrimiento.....	80

7.- Protección catódica.....	83
7.1.- Protección catódica mediante ánodos de sacrificio.....	85
7.1.1.- Protección en tanques y bodegas de carga en los buques.....	85
7.2.- Protección catódica mediante el uso de corrientes impresas.....	88
7.3.- Ventajas y desventajas de los sistemas de protección catódica.....	90
7.3.1.- Ánodos de sacrificio.....	90
7.3.2.- Sistema ICCP.....	90
8.- Técnicas de ensayos no destructivos y principales zonas a inspeccionar.....	91
8.1.- Tipos de técnicas de ensayos no destructivos.....	93
8.1.1.- Ensayo por partículas magnéticas.....	93
8.1.2.- Ensayo por líquidos penetrantes.....	94
8.1.3.- Ensayo por ultrasonidos.....	95
8.1.4.- Ensayo no destructivo mediante rayos X o gamma.....	96
8.2.- Principales lugares de inspección.....	98
8.2.1.- Graneleros.....	98
8.2.2.- Portacontenedores.....	103
8.2.3.- Petroleros.....	107
8.2.4.- Buques de carga general.....	110
9.- Mantenimiento y reparación.....	113
9.1.- Reparaciones del acero.....	116
9.1.1.- Reemplazar la estructura dañada.....	116
9.1.2.- Reforzar la estructura.....	117
9.1.3.- Reparación de grietas.....	117
9.1.4.- Reparaciones en función del tipo de buque.....	118
9.2.- Mantenimiento de la estructura contra la corrosión.....	119
9.2.1.- Conservación del recubrimiento.....	119
9.2.2.- Mantenimiento en caso de pitting.....	120
9.2.3.- Mantenimiento de los ánodos de sacrificio.....	121

10.- Casos reales de la condición de los recubrimientos en los buques.....	123
11.- Conclusión.....	151
12.- Bibliografía.....	155
13.- Figuras y tablas.....	159
13.1.- Figuras y tablas.....	160
13.1.1.- Figuras.....	160
13.1.2.- Tablas.....	160
Anexo 1: Graneleros.....	163
Anexo 2: Portacontenedores.....	233
Anexo 3: Petroleros.....	283
Anexo 4: Buques de carga general.....	329
Anexo 5: Zonas estructurales comunes.....	361

TEMA 1: INTRODUCCIÓN



1.- INTRODUCCIÓN

Cada día más se va apreciando un mayor interés y esfuerzo en la conservación y la aplicación de un buen mantenimiento en las estructuras de los buques y sus cascos.

Esto es debido no sólo a los importantes beneficios económicos que implica tener el buque en condiciones óptimas, como por ejemplo el evitar paradas de emergencia, sino también por la seguridad marítima que ello implica.

Los buques son especialmente delicados en el sentido que su explotación se realiza en un medio peligroso, como es el mar, en el que un fallo en la estructura puede costar el hundimiento del buque. Por lo que tener un sistema de mantenimiento correctamente diseñado y aplicado para cada buque en particular es de vital importancia.

Para poder aplicar de forma adecuada un sistema de mantenimiento u otro se deben conocer las principales causas y problemas que pueden aparecer durante la vida útil del buque así como sus consecuencias. Como son, principalmente, la corrosión de la estructura metálica y la aparición de fouling en el casco del buque.

Ambos problemas tienen unas características y consecuencias diferentes en función del tipo de patología que estemos considerando, por lo que el análisis de los diferentes tipos de patología estructural que pueden aparecer en los buques cobra vital importancia.

Una vez se ha determinado la patología a la que se verá sometida la estructura y el casco del buque, el siguiente paso es analizar todas las posibles formas de protección posibles. Desde la aplicación de recubrimientos para proteger contra la corrosión hasta sistemas de protección catódica, pasando por recubrimientos antifouling, etc.

Pero no es suficiente con la elección y aplicación de los sistemas de protección, sino que es necesario también un control y una inspección de forma periódica. Para ello se utilizan distintos métodos de inspección no destructivos, es decir, que nos permiten la inspección de las condiciones de la estructura sin realizar ningún cambio o desperfecto en su estado.

La inspección se basará en el estado del buque, edad, funcionamiento, tipo de carga transportada, etc. Y a su vez debido a estos criterios las distintas zonas a inspeccionar, sobretudo en la zona de carga, variará de un tipo de buque a otro, mientras que las zonas comunes como pueden ser las de habilitación y de Cámara de Máquinas, tendrán criterios y zonas a inspeccionar comunes en los distintos tipos de buques.

Una vez se ha realizado la inspección de la condición de la estructura y del casco, y en el caso que se encuentre algún desperfecto o se requiera de alguna modificación se procederá a aplicar los procesos de mantenimiento y reparación adecuados para cada ocasión. Desde reparaciones de grietas, reemplazamiento del recubrimiento debido a su desgaste, etc.

En este proyecto se va a proceder a analizar y explicar de forma más detallada todos los puntos y aspectos mencionados anteriormente para ver de forma más clara y

precisa como y en que medida se ven afectadas las estructuras de los buques así como sus cascos. La aplicación de los métodos de protección necesarios para poder combatir los problemas de corrosión y fouling que aparecen en los buques. Los principales lugares o sitios de inspección en función del tipo de buque. Así como los procesos necesarios de mantenimiento y reparación para asegurar que los buques navegan en condiciones óptimas de seguridad y rendimiento.

TEMA 2: ESTADO DEL ARTE



2.- ESTADO DEL ARTE

2.1.- IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento en el sector naval es uno de los factores que condiciona de manera más drástica el estado general de los buques.

Los buques están en un ambiente de trabajo muy severo. Tanto por las condiciones climatológicas a las que se pueden ver sometidos como por el hecho de estar en contacto con el agua salada, y además si tenemos en consideración todas las cargas y fuerzas a las que se ven sometidos, el peligro de accidente o de fallo se ve incrementado.

Es por esto que el mantenimiento en la estructura del buque o en el casco de los mismos es de vital importancia. Llevando a cabo un mantenimiento adecuado para cada tipo de buque se consigue alargar la vida útil del mismo y reducir el número de varadas para reparaciones o contratiempos fuera de lo planeado.

Este último aspecto se puede ver mucho mejor si ponemos un ejemplo de un buque de contenedores. Si el buque lleva un mantenimiento adecuado y programado de acorde a las planificaciones previas hechas por el armador y a la vez ideadas para afectar de la menor forma posible a las entregas y recepciones de la carga, el tiempo que se verá en puerto o en varadero para reparación será durante el periodo estipulado, por lo que las pérdidas económicas y de tiempo asociadas a dicha reparación no serán muy elevadas.

En cambio si no se lleva un mantenimiento adecuado en el buque, el riesgo de tener que parar las operaciones del buque por un fallo o avería se ve incrementado de manera drástica. Dando lugar a una reparación en un tiempo no planificado y por ende un mayor coste y una falta a la hora de la entrega o la recepción de la mercancía, con los posibles problemas o penalizaciones en los contratos que esto puede conllevar.

Otro aspecto que está directamente relacionado con el mantenimiento, en este caso del casco del buque, es la protección sobre el medio marino. Si se lleva a cabo un buen mantenimiento y protección del casco del buque con los métodos y técnicas apropiadas se puede dar una reducción de la rugosidad del casco y a su vez una reducción considerable de la resistencia al avance del mismo y por ende el consumo de fuel se verá reducido, así como las emisiones y los costes.

Hasta ahora hemos estado hablando de los casos donde el mantenimiento llevado de forma incorrecta o la ausencia del mismo dan lugar a reparaciones inoportunas, a la varada del buque fuera de lo estipulado o a la reducción de las condiciones óptimas de navegación. Pero el peligro más grande que puede tener una mala planificación del mantenimiento o la ausencia de su aplicación se ve en los accidentes marítimos.

Uno de los accidentes marítimos que causó mayor impacto y repercusiones, fue el caso del buque petrolero Erika, en el año 1999.

2.1.1.- Accidente marítimo: Erika 1999

El 12 de Diciembre de 1999, el petrolero Erika abanderado en Malta se hundía tras partirse el casco del buque en dos, en aguas internacionales, al sur de la punta de Penarc'h (Finistère, Francia), debido a un fuerte temporal y a unas malas condiciones estructurales del buque.

Navío	
Nombre	Erika
Construcción	Kasado Dock Co Ltd Japón, 1975
Tipo	Petrolero de doble casco a lastres separados
Peso en bruto	37.283 toneladas
Cisternas	9 cisternas de carga – 4 lastres
Longitud	184 m
Calado	10,9
Motor	Sulze – 13.200 caballos
Carga	31.000 toneladas de fuel nº 2
Búnker	280 toneladas
Diesel Marino	132 toneladas
Bandera	Maltesa
Propietario	Tevere Shipping (Malta)
Gerente	Panship
Empresa de clasificación	Rina
P&I Club	Steamship Mutual Underwriting Association
Fletamento	Totalfina

Tabla 1.1: Especificaciones buque Erika

El buque como puede observarse en su ficha técnica, en el momento del hundimiento, tenía 25 años de edad. En buques petroleros de esta edad, las posibilidades de fallos estructurales son elevadas, por lo que su mantenimiento cada vez cobra más importancia.

El problema derivado de tener el buque en las mejores condiciones es la suma de dinero a invertir en ello, por lo que, generalmente los armadores de buques “viejos” prefieren buscarse países con banderas de conveniencia que tengan unos requisitos de aceptación menores.

El buque Erika fue cambiando de bandera varias veces, hasta que en el 1998 se abanderó en Malta, cambiando su anterior nombre "Shinsei Maru" por el que es conocido actualmente, Erika.

En ese mismo año el buque entró en los astilleros montenegrinos de Bjiela y su actual Sociedad de Clasificación (R.I.N.A.) le diagnosticó una disminución de los escantillones del 10%, con zonas del 26% en los tanques de lastre, lo que obligó a la sustitución de toneladas de acero.

El año siguiente se efectuó otra inspección por parte de R.I.N.A. al buque en el que se informa de la necesidad de añadir refuerzos estructurales en ciertos tanques, que deberían haberse efectuado con anterioridad.

Es decir, se encuentra un grave problema en la fiabilidad estructural de los tanques de lastre del buque.

Estos problemas derivados de una mala organización del mantenimiento y un déficit claro de las labores necesarias de reparación de la estructura del buque, para asegurar su integridad y la seguridad de navegación, más las condiciones de temporal en las que navegaba el Erika el fatídico día 12 de Diciembre de 1999 fueron los causantes de tal desastre marítimo, en el que el buque se partió en dos y contaminó las costas con el vertido de petróleo que transportaba.

A raíz de dicho accidente se dio lugar a la modificación e implementación de algunas normativas marítimas, primero con el "Paquete de medidas Erika I" en Febrero del año 2000. Que contenía tres propuestas normativas referidas a los procedimientos de inspección y a las normas de seguridad, enfocadas a los buques petroleros:

1. Modificación de la Directiva 95/21 sobre Port State Control (PSC):

- Se inspeccionan preferentemente los buques con índice de selección (target index, TI) más elevados, haciendo obligatorio inspeccionar a todos los buques con TI>50.
- Se realiza un seguimiento del desarrollo de las inspecciones y no sólo de sus resultados.
- Aumenta la transparencia de la información sobre deficiencias encontradas y se identifica a los fletadores de los buques detenidos.
- Se aplica de manera uniforme en todo el ámbito de la UE el procedimiento denominado "inspección ampliada" previsto en la citada Directiva.
- Se refuerzan las inspecciones a petroleros, y en particular a su estructura.

2. Modificación de la Directiva 94/57 sobre Sociedades de Clasificación reconocidas.

3. Propuesta de Reglamento sobre aceleración de la entrada en vigor de la obligatoriedad del doble casco para buques tanque que escalen en puertos de la UE.

Como podemos observar a raíz de este caso, una correcta inspección de los buques, junto con una evaluación de la resistencia estructural de los mismos y la aplicación del buen juicio en su evaluación son determinantes para evitar posibles desastres marítimos. Si se realiza una correcta inspección y se determina que la estructura necesita de reparaciones en ella, se debe asegurar de forma obligatoria su correcta realización.

Por lo tanto, la importancia del mantenimiento y de las reparaciones en los buques es uno de los principales puntos a tener en consideración si se quiere asegurar unas condiciones de seguridad, tanto para la navegación como para el medioambiente, debido a las posibles consecuencias que puede acarrear un fallo estructural como pudimos comprobar en el caso del buque petrolero Erika.

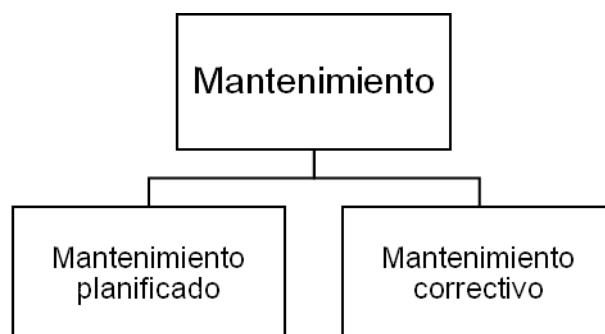
2.2.- INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

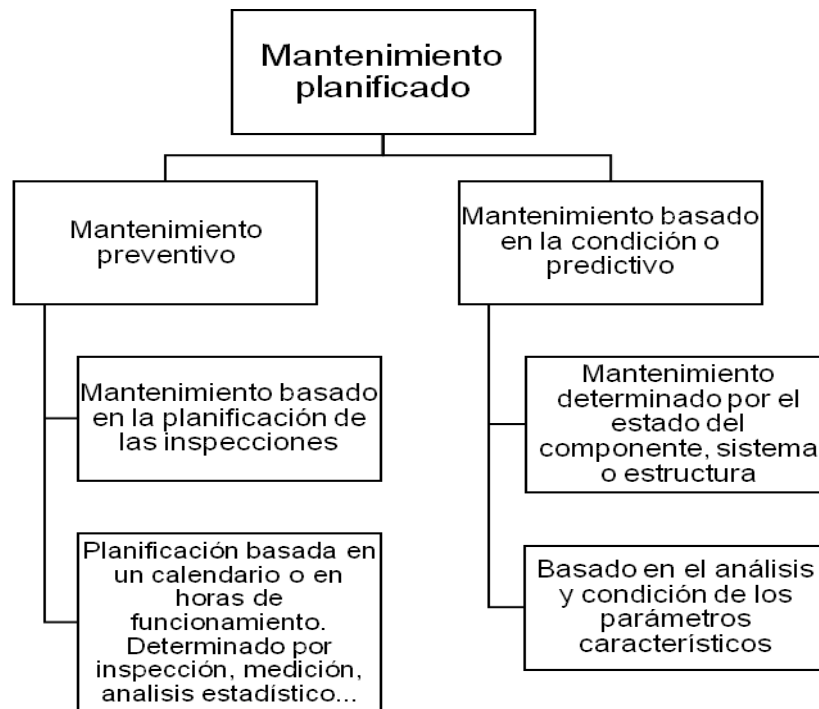
El mantenimiento puede ser descrito como la actividad que permite mantener en condiciones óptimas de funcionamiento las estructuras, sistemas y componentes. Pero en función de cómo se haga el mantenimiento y de cómo sea planificado pueden surgir diferentes tipos de mantenimiento.

1. Mantenimiento preventivo: este tipo de mantenimiento se enfoca en el hecho de la inspección y revisión de los componentes, sistemas o estructuras en unos intervalos de tiempo especificados, o bien cada cierto número de horas de funcionamiento. Para asegurar de esta forma que los componentes, sistemas o estructuras está en un estado de funcionamiento óptimo y de forma continuos.
2. Mantenimiento basado en la condición o mantenimiento predictivo: en este caso el mantenimiento se basa en el rendimiento y/o estado del componente, sistema o estructura, analizando de forma continua parámetros determinados anteriormente que los caracterizan. El mantenimiento solo se efectúa cuando las condiciones de estado o funcionamiento han alcanzado los niveles más bajos o aceptables y también antes de importantes deterioros, rotura o de la aparición de fallos.
3. Mantenimiento correctivo: este tipo de mantenimiento es el referido a una no planificación del mismo, esto significa que el mantenimiento es realizado al componente, sistema o estructura solo después de que se produzca un fallo o una avería y por lo tanto que la funcionalidad y operatividad del mismo se vea condicionada o sea nula.

El tipo de mantenimiento que se debería dar a cabo sería una mezcla entre los mantenimientos preventivo y el mantenimiento basado en la condición, pero debido a las posibles roturas o fallos fuera de previsión, todo plan de mantenimiento debe tener en consideración y por lo tanto incluirlo y cuantificarlo a la hora de realizar dicho plan, el mantenimiento correctivo.

Esto quiere decir, que en el mantenimiento de un buque encontraremos estos tres tipos de mantenimiento entrelazados y relacionados entre sí, de forma que la relación entre ellos podría ser tal:





2.2.1.- Ventajas e inconvenientes en función del tipo de mantenimiento

A continuación vamos a ver las distintas ventajas e inconvenientes que nos aportan cada uno de los distintos tipos de mantenimiento para entender mejor su aplicación y características.

1. Mantenimiento Correctivo

Ventajas

- En este tipo de mantenimiento el nivel de instrumentación para el análisis y la infraestructura necesaria son mínimos, puesto que se basa en la aparición del fallo o rotura.
- Debido a que se llega al límite de funcionamiento del elemento en cuestión, el aprovechamiento de la vida útil del mismo es la máxima posible.

Inconvenientes

- Los fallos o roturas aparecen de forma espontánea lo que no da lugar a una planificación para su reparación.
- Solo puede aplicarse a elementos que no tengan una importancia crítica en el conjunto, puesto que el fallo puede producirse en cualquier momento y por lo tanto ocasionar una avería en todo el conjunto.
- El mantenimiento debe realizarse de forma espontánea y sin planificación alguna por lo que su calidad es inferior al de los otros dos tipos de mantenimiento.

2. Mantenimiento Preventivo

Ventajas

- Las planificaciones en las reparaciones permiten reducir de forma drástica los fallos o averías fuera del plazo planificado por lo que se consigue un mayor nivel de fiabilidad del sistema.

Inconvenientes

- Al realizar el mantenimiento antes de la aparición del fallo o rotura, el aprovechamiento de la vida útil del elemento en cuestión no es el máximo.
- Si no se realiza un estudio adecuado de la planificación y se compagina de forma óptima con otras operaciones, como pueden ser las varadas en función de los periodos de menor demanda, el coste puede verse incrementado y las paradas improductivas.

3. Mantenimiento Predictivo

Ventajas

- Permite determinar de forma muy efectiva el tiempo para realizar un mantenimiento preventivo.
- Permite un control y un conocimiento del estado en cada momento de los distintos componentes, sistemas o estructuras en los que se aplica este tipo de mantenimiento, debido a las constantes mediciones.

Inconvenientes

- Se realiza un seguimiento del estado de los elementos o conjunto de ellos, pero si aparece un fallo o rotura de forma súbita no se puede haber planificado.
- Deben seleccionarse de manera apropiada los parámetros a estudiar y controlar en función del tipo de elemento, y a la vez asegurarse de que

dichos parámetros de estudio sean los apropiados y característicos del componente, sistema o estructura. Por lo que una determinación errónea de parámetros característicos podría dar lugar a un mantenimiento deficiente.

TEMA 3: PATOLOGÍA ESTRUCTURAL Y DEL CASCO



3.- PATOLOGÍA ESTRUCTURAL Y DEL CASCO

3.1.- PRINCIPALES MODOS DE DETERIORO

Los buques se ven sujetos a unas mayores velocidades de deterioro debido a las fuerzas ambientales a las que se ven sometidos, como pueden ser las olas, las condiciones críticas de carga combinadas con el estado del mar, ataques químicos debido a las materias que se transportan, la abrasión, la fatiga de la estructura, daño por impactos, etcétera.

El deterioro de la estructura o del casco se puede ver acrecentada, además de por todos estos factores mencionados anteriormente por un mal mantenimiento.

Los principales modos de deterioro son:

1. La corrosión de los metales
2. La biodegradación debida a las microorganismos marinos (Fouling)
3. Daños mecánicos tales como la abrasión, sobrecarga, choques o colisiones, golpes debidos al movimiento de la carga...

De entre todos estos modos de deterioro los más importantes y en los que se centran más las técnicas de prevención a gran escala son los sistemas anticorrosión mediante el uso de pinturas u otros métodos, y la utilización de sistemas o técnicas antifouling.

A continuación entraremos en detalle sobre cada uno de estos modos de deterioro para entender mejor de que trata cada uno y posteriormente analizar que métodos utilizar para contrarrestar de la mejor manera posible cada uno de ellos.

3.1.1.- Corrosión

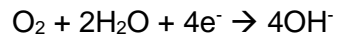
La corrosión es una de las mayores causas de deterioro de la estructura y del casco del buque o de las estructuras marinas.

Es un proceso electroquímico en el cual los átomos del metal pierden electrones, dando lugar a la oxidación. Los electrones libres se combinan con los átomos del área adyacente o de la substancia que los rodea. La corriente eléctrica o la denominada migración de los electrones de la zona anódica a la zona catódica, se puede ver acelerada por varias condiciones que definen el tipo y el ratio de corrosión de la estructura en mención.

Un paso importante en la secuencia de corrosión del acero es la transformación de un átomo de hierro a un ion de hierro debido a la pérdida de dos electrones. Este proceso es denominado reacción anódica.



Esta reacción solo puede ocurrir si hay un átomo receptor capaz de combinar con los electrones liberados por el átomo de hierro. El agua dulce o el agua de mar contienen en ellas disueltas oxígeno que hace posible esta reacción.



La heterogeneidad de la superficie del metal permite que algunas zonas reaccionen como la primera reacción explicada anteriormente, dando lugar a zonas anódicas, mientras que otras zonas reaccionan con la segunda reacción explicada convirtiéndose en zonas catódicas.

Toda la zona metálica es por lo tanto dividida en un largo número de ánodos y cátodos, como puede verse a continuación.



Figura 3.1: Flujo de electrones en el acero

Así como la reacción anódica puede dar lugar de forma mucho más rápida que la reacción catódica, la mayoría de la superficie da lugar a la producción de iones como se ve en la siguiente figura.

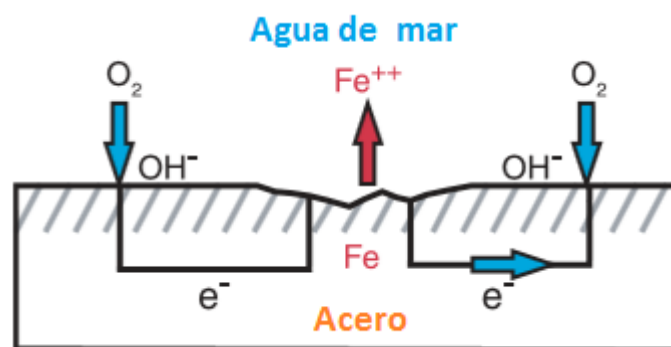
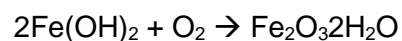
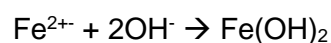


Figura 3.2: Reacción anódica en el acero

Esta figura muestra el proceso de corrosión en el cual el metal es perdido desde el ánodo, causando un desgaste en el mismo y dando lugar a una zona de menor espesor.

Las otras reacciones básicas que se dan lugar cuando el acero o el hierro se transforman en herrumbre o en óxidos de hierro hidratados son:



Factores que afectan a la corrosión

1. Difusión: la corrosión está ligada directamente por la difusión de oxígeno que se da lugar a través del agua a la superficie del acero. En áreas donde la difusión del oxígeno es frecuente, la corrosión tiene lugar de forma más continua y rápida.

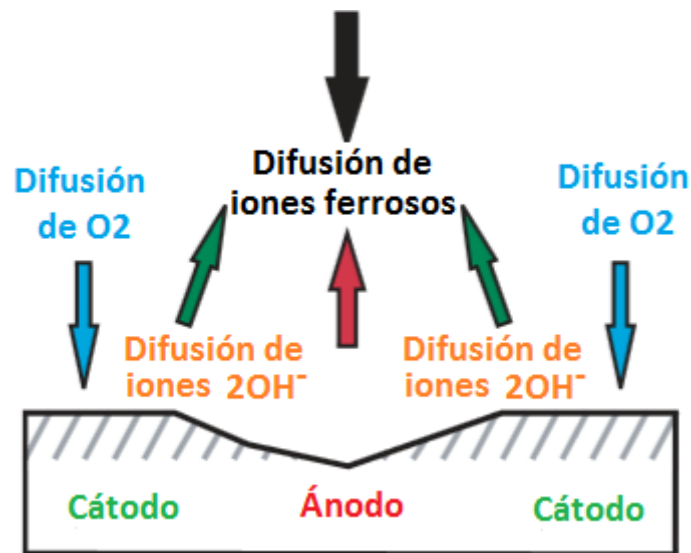


Figura 3.3: Difusión de iones ferrosos

2. Temperatura: la difusión está directamente relacionada con la temperatura, y por ende la corrosión. El acero y otros metales tienen mayores ratios de corrosión cuanto mayor temperatura tienen, y menores ratios a temperaturas más bajas. Como resultado a esto tenemos que zonas como las cubiertas inferiores y las zonas próximas a la sala de máquinas o a zonas de carga con sistemas de calefacción tendrán una mayor tendencia a la corrosión que zonas con temperaturas más bajas.
3. Conductividad: para que la corrosión se produzca, debe haber un medio conductivo entre las dos partes reactivas del proceso de corrosión. Cuanto mayor sea el número de iones disueltos en la solución, la corrosión se verá incrementada. Por ejemplo, el acero tiene mayor corrosión en agua salada, mientras que en agua dulce el ratio de corrosión se ve reducido.
4. Tipo de iones: algunos de los tipos de iones presentes en el agua de mar o en la carga que transportan los buques favorecen en mayor o menor proporción el proceso de corrosión. Por ejemplo, los iones clorhídricos son los más destructivos.
5. Alcalinidad: el pH es la medida de la alcalinidad en una escala del 1 al 14, donde el 7 es el pH neutral. En agua de mar neutra, el pH que se obtiene es de 7'5, esto nos indica que la relación entre los iones de hidrógeno y los iones de hidróxido están prácticamente en balance. Si el ambiente es más ácido, $pH=1$,

hay una mayor cantidad de iones de hidrógeno que a su vez da lugar a gases de hidrógeno aumentando así la corrosión ocasionada.

6. Potencial electroquímico: cada metal tiene un potencial electroquímico específico cuando se sumerge en un líquido conductor. El potencial que tiene cada metal puede determinar la velocidad a la cual se va a dar lugar la corrosión. Sin embargo, este potencial electroquímico se puede ver modificado conectando a éste otro metal similar o bien aplicando un potencial externo.

Tipos de corrosión

La corrosión puede darse por diferentes causas como el deterioro del recubrimiento protector del metal, algún desperfecto del mismo por una colisión o golpe, fallos en la aplicación del mismo, grandes incrementos de temperatura que provoquen el desconchamiento del recubrimiento, debido a fisuras, debido al potencial galvánico de los metales utilizados, etc. Y a su vez hay diferentes tipos de corrosión, siendo los principales tipos de corrosión los siguientes:

- Corrosión uniforme
- Corrosión por "Pitting"
- Corrosión por grietas
- Corrosión galvánica
- Corrosión por deposición
- Corrosión debida a procesos microbiológicos

1. Corrosión uniforme: es el tipo de corrosión más común en la naturaleza. La pérdida de material ocurre en la zona anódica del elemento, y da lugar a una variación constante de la superficie a lo largo del tiempo. Debido a la pérdida de material, las zonas que inicialmente eran anódicas dejan de serlo y pasan a ser zonas activas, dando lugar a nuevas zonas anódicas y agravando el proceso de corrosión. Esto significa que hay un proceso continuo de intercambio entre zonas anódicas y catódicas, y pasado un cierto periodo de tiempo la pérdida de metal en relación al conjunto de la superficie es bastante uniforme. Pero este tipo de corrosión es fácilmente tratable debido a la predicción de la vida útil de la estructura.
2. Pitting: este tipo de corrosión se caracteriza por el hecho de que es una corrosión localizada y su penetración es profunda en comparación con la zona de alrededor. Este tipo de corrosión es una de las más peligrosas formas de corrosión que hay, debido a que normalmente se produce en sitios donde no se puede apreciar de forma tangible y fácil.

Puede producirse siempre que se den las condiciones óptimas para su aparición, una zona anódica pequeña que está rodeada por una gran zona catódica. En los buques puede darse lugar en zonas aisladas donde el recubrimiento haya sido dañado, dando lugar a la corrosión en la zona expuesta del acero y siendo el cátodo del proceso el mismo recubrimiento.

Un modo común de corrosión por pitting es el dado por un anillo de burbujas alrededor de una zona anódica activa, como puede apreciarse en la siguiente figura.



Figura 3.4: Pitting

Este tipo de corrosión puede darse en distintas formas, como son por ejemplo:

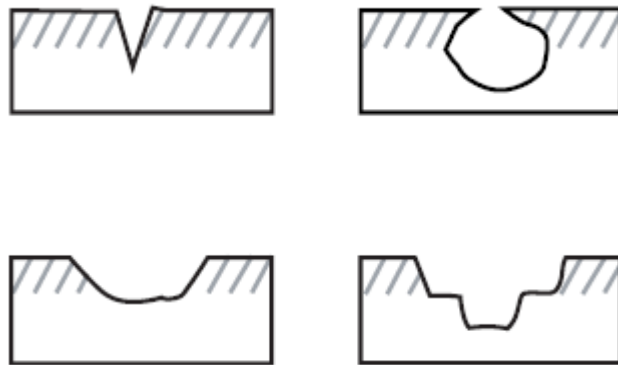


Figura 3.5: Formas de pitting

El primer tipo de pitting es muy peligroso debido a que el ratio de penetración a través del acero puede ser muy elevado. Una vez este tipo de corrosión ha dado lugar, es muy difícil de eliminar la corrosión de la base de la hendidura y además el ratio de velocidad de corrosión aumenta de forma elevada.

El segundo tipo de corrosión tiene también un alto peligro, debido a que la corrosión aparente parece menor de lo que en realidad es debido a que la corrosión bajo la superficie tiene un área mucho mayor de la visible aparentemente y esto puede provocar una rotura si la superficie se ve afectada por una carga o presión, dando lugar a una apertura. Pero, si no se da lugar la apertura el ratio velocidad a la que la corrosión incrementa se verá aumentado

y al igual que en el primer tipo, es muy peligrosa y con una considerable dificultad para su limpieza y eliminación.

Las otras dos formas de pitting son dañinas para la superficie, puesto que ningún tipo de corrosión es favorable, pero los efectos y consecuencias de las mismas son menores debido a su poca penetración en la superficie y su fácil apreciación.

3. Corrosión por grietas: este tipo de corrosión es una corrosión localizada, que se produce con una configuración geométrica en la estructura en la que el cátodo reactivo, oxígeno, puede acceder de forma sencilla a la superficie del metal fuera de la grieta y tiene una mayor dificultad de acceso en la zona de la grieta. El metal alojado en la grieta será la parte anódica de la zona circundante a éste y por lo tanto sufrirá la mayor corrosión.

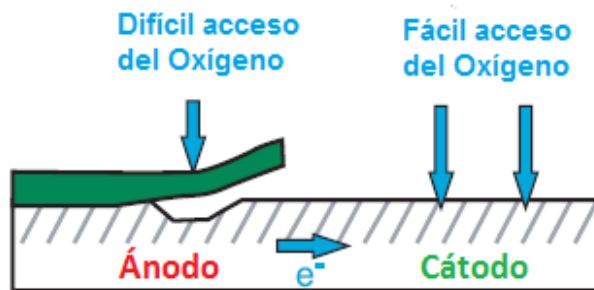


Figura 3.6: Corrosión por grietas

También puede ocurrir entre una estructura metálica y un elemento no metálico como puede verse en la siguiente imagen:



Figura 3.7: Ejemplo real de corrosión por grietas

4. Corrosión galvánica: dicha corrosión se basa en el potencial galvánico de los metales y la interacción entre dos metales con un potencial galvánico diferente, que al contacto con un electrolito (en nuestro caso podría ser el agua de mar) reaccionan, convirtiéndose uno en el ánodo y el otro metal en el cátodo. Dando lugar a la corrosión del metal que se ha convertido en el ánodo en preferencia de la corrosión del metal que pasó a ser el cátodo en la reacción.

Para determinar el potencial galvánico se utilizan las series galvánicas, referenciadas al potencial SCE. El metal con mayor carga positiva (noble) será protegido de la corrosión por el material con mayor carga negativa (base).

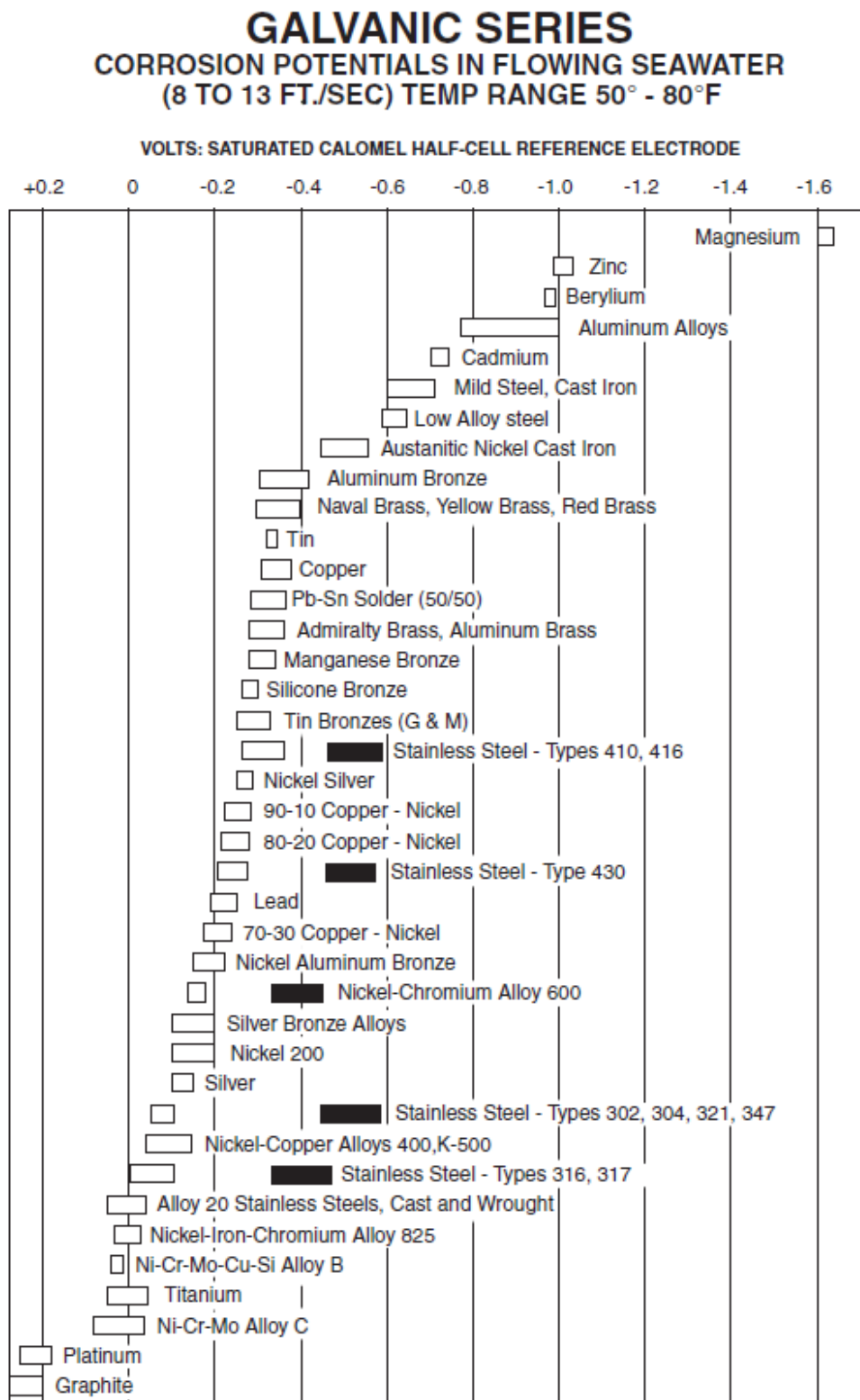


Figura 3.8: Tabla de potencial galvánico

5. Corrosión por deposición: este tipo de corrosión ocurre cuando los iones de un metal con mayor carga positiva entra en contacto con uno de mayor carga negativa, y el metal más noble se deposita. El resultado es una mezcla galvánica local formada y la corrosión del metal menos noble. Un ejemplo de dicha corrosión puede apreciarse en la siguiente imagen.

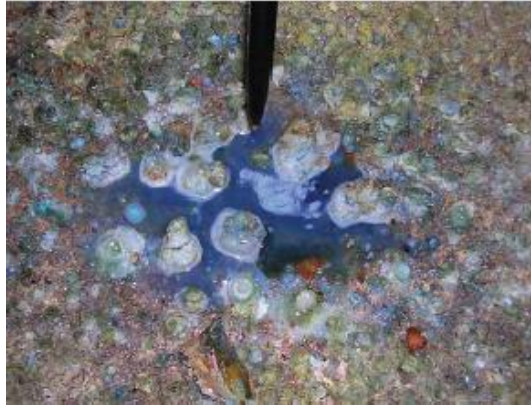


Figura 3.9: Corrosión por deposición

6. Corrosión debida a procesos microbiológicos: este tipo de corrosión puede darse en los tanques de lastre o a veces en la parte superior de los tanques de carga de los buques VLCCs.

En todos los tipos de metales, incluido el acero inoxidable, puede producirse corrosión por procesos microbiológicos. El problema es la identificación de este tipo de corrosión, ya que es altamente difícil de diferenciar entre ésta y los otros tipos de corrosión a no ser que se encuentren bandas de material viscoso en entornos sin oxígeno.

3.1.2.- Fouling

El Fouling es el término que se utiliza para referirse a la adhesión y crecimiento de plantas y animales marinos en las estructuras marinas sumergidas, en los cascos de los buques e incluso en sistemas de tuberías que utilicen agua salada por su interior.

En los cascos de los buques, el tipo de fouling, su extensión y la severidad en la repercusión de los mismos depende de muchos factores:

- Salinidad del agua de mar
- Cantidad de luz
- Temperatura
- Polución
- Y la posible nutrición que puedan obtener este tipo de organismos mientras están adheridos al buque

Como hemos mencionado anteriormente el fouling está relacionado con la temperatura del agua, por lo que podría realizarse una clasificación en función de la zona de navegación de los buques, tal que:

- Zonas polares: con temperaturas menores a 5°C, ofrecen un riesgo bajo de aparición de este fenómeno. Podría darse lugar durante un periodo corto de tiempo, normalmente vinculado a la estación veraniega.
- Zonas intermedias: tienen un riesgo medio de fouling, con temperaturas entre los 5°C y los 20°C. Su periodo de máxima aparición crece en comparación con las zonas polares, siendo éste entre primavera y otoño.
- Zonas tropicales o subtropicales: con temperaturas mayores a los 20°C el riesgo de fouling es elevado. En este caso la aparición de fouling se produce durante todo el año y con una mayor variedad de especies.

En función del tipo de aguas por las que se navega o en las que se encuentran ubicadas las estructuras marinas el nivel de aparición del fouling se verá incrementado o reducido. Por ejemplo, en aguas poco profundas o en aguas costeras, donde hay una mayor abundancia de luz, calor y nutrientes la reproducción de las especies que forman el fouling se verá incrementada por lo que el riesgo de navegar por estas zonas se debe tener en consideración.

Además también hay que considerar la velocidad de navegación, en el caso de los buques, así como su periodo de navegación y zona geográfica por lo que navegan. Los buques con velocidades de navegación menores a los 10 nudos, los buques con baja actividad (menor del 50%) y los buques que naveguen por zonas costeras tienen una mayor probabilidad y riesgo de fouling que buques que naveguen con una velocidad de ruta mayor, por zonas en mar abierto y con una frecuencia de navegación mayor a la indicada.

Tipos de fouling

Hay distintos tipos de fouling, pero los más importantes y que se dan en mayor escala en los buques o estructuras sumergidas son los listados a continuación:

1. Percebes: son el mayor representante del fouling animal. Este tipo tiene una gran adhesión a la superficie en contacto, lo que provoca una complicada limpieza de los mismos. Además tienen una gran tendencia a la cohesión con otros tipos de especies lo que provoca un aumento del fouling. Cabe añadir que si no se realiza una perfecta limpieza de este tipo de fouling, los residuos del mismo van a provocar un aumento del problema en lugar de una solución.

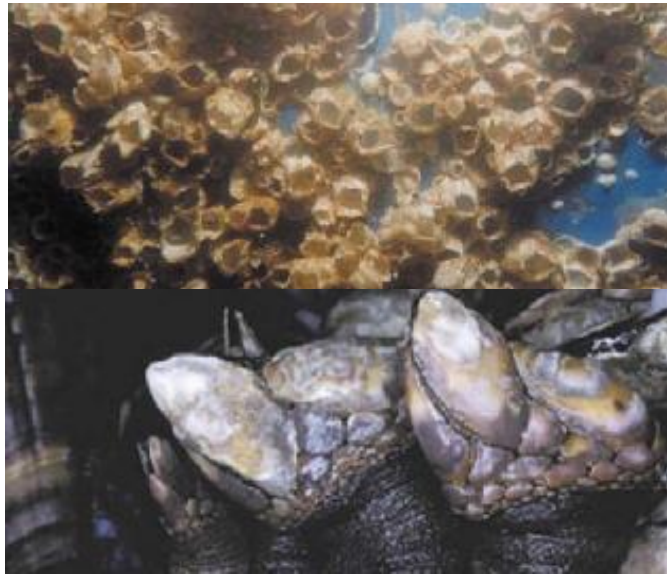


Figura 3.10: Fouling tipo animal

2. Hidroideos: tienen una apariencia similar a una planta y viven en colonias ubicadas normalmente en el fondo de los buques donde son normalmente confundidos por algas marinas. Aunque debido a los reducidos niveles de luz que inciden sobre el fondo del casco se podría tomar la asunción de que se trata de fouling y no de algas marinas.



Figura 3.11: Hidroideos

3. Moluscos: este tipo de fouling animal tiene duras conchas pero su adhesión a las estructuras sumergidas es débil por lo que su tendencia de aparición está más ligada a estructuras marinas estáticas que a buques en movimiento.



Figura 3.12: Moluscos

4. Fouling tipo planta: de este tipo los más comunes en los cascos de los buques son las algas marinas marrones *Ectocarpus* spp. Y las algas marinas verdes *Enteromorpha* spp. comúnmente denominada césped marino debido a su similitud con éste. Suele producirse en las zonas del casco donde la incidencia de la luz es notable, por lo que no se verá en el fondo del casco de los buques pero si en las zonas próximas al nivel del agua.



Figura 3.13: Fouling tipo planta

Problemas derivados de la aparición del fouling

1. Pérdida de la velocidad de navegación y/o incremento de la potencia requerida para la navegación.
2. Incremento del consumo de fuel, asociado al incremento de la resistencia al avance del buque.
3. Incremento de varadas en dique seco para el mantenimiento del casco del buque.
4. Reducción de la maniobrabilidad.
5. Incremento de las emisiones de NOx y SOx.
6. Mayor coste en mantenimiento y aceptación de clase por parte de las Sociedades de Clasificación, que puede llegar al extremo de un rechazo de la aceptación y la necesidad de pasar por dique seco.
7. Posibilidad del bloqueo de las tomas de mar de costado o de fondo, por lo consiguiente, problemas en los sistemas de refrigeración, etc.

8. Daños a la pintura del casco y a su recubrimiento, que pueden desencadenar no solo en problemas en la resistencia al avance sino también en problemas de corrosión con todas sus consecuencias añadidas, explicadas anteriormente.

TEMA 4: RECUBRIMIENTOS



4.- RECUBRIMIENTOS

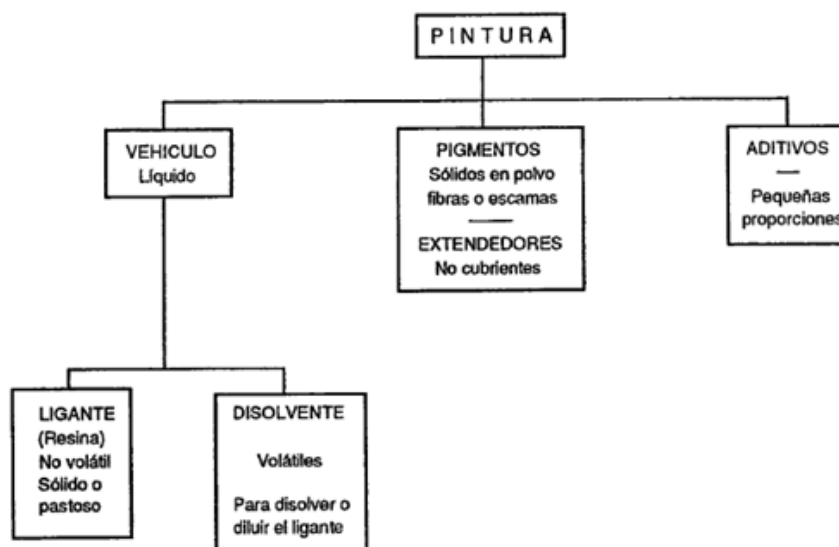
Los buques se ven afectados por la corrosión y el fouling de forma preocupante, para reducir o anular sus consecuencias una de las principales formas de combatirlos es el uso de los recubrimientos. Los recubrimientos son un tipo de pintura que aplicada sobre la estructura o el casco del buque o la estructura marina permite combatir los efectos negativos de los problemas mencionados anteriormente.

Podemos encontrar diferentes tipos de recubrimientos en función de la zona en la que se vayan a aplicar, los efectos que se quieran combatir, el tipo de metal base en el que se deben aplicar, etc. Así mismo su composición y características irán también en relación con dichos criterios. Por lo que nos disponemos a ver su composición, los diferentes tipos de recubrimientos, los posibles fallos que pueden tener y su forma de aplicación adecuada.

4.1.- Composición

La composición de las pinturas (recubrimientos) está básicamente dividida en los componentes mayoritarios y muchos aditivos que se añaden en cantidades pequeñas. Los componentes mayoritarios son:

- **Ligantes (resinas):** tienen la función de la adherencia de la pintura con el metal y a su vez la misión de asegurar la adherencia entre las distintas capas de pintura que se van a aplicar.
- **Los pigmentos:** son productos en estado sólido que dan cualidades visuales al recubrimiento, es decir, aplican un color y una opacidad que permite la no visión del sustrato. Hay dos tipos de pigmentos que cabe destacar, ellos son los pigmentos inhibidores, cuya misión es la de retardar o incluso evitar la corrosión y los pigmentos bio-activos, cuya misión es la de la lucha contra el fouling y la corrosión.
- **Extendedores:** son pigmentos no cubrientes, es decir, se utilizan como relleno de la pintura a un coste menor que los pigmentos. Aunque, bien seleccionados pueden incrementar las propiedades de la pintura, tanto las mecánicas como las relacionadas con su aplicación.
- **Disolventes:** tienen la función de cambiar la viscosidad de las resinas y adecuarla a cada tipo de trabajo en concreto, es decir, disuelven o diluyen las resinas con la finalidad de adaptarlas al proceso requerido. El disolvente ayuda en la aplicación de la pintura, pero pasado un cierto periodo de tiempo (durante la aplicación) se evaporan. Sus principales puntos de impacto sobre la pintura son el tiempo de secado de la pintura, el punto de inflamación y las propiedades de aplicación.
- **Aditivos:** son componentes añadidos a las pinturas con la finalidad de otorgarles unas características específicas en función del tipo de aditivo utilizado, como pueden ser un menor tiempo de secado, para mejorar y facilitar la producción, mejorar la estabilidad y la vida en condiciones de almacenamiento, etc.



4.2.- Tipos de ligantes (resinas)

Las resinas utilizadas de forma general en este tipo de aplicación se dividen en resinas termoplásticas y resinas termoestables. Las propiedades químicas de un recubrimiento con resina termoestable tendrá unas propiedades químicas diferentes una vez laminado, en comparación con el estado químico previo a su aplicación. En cambio, si el recubrimiento tiene resina termoplástica la diferencia que hay entre el estado químico de la pintura antes y después de su aplicación es nula, la única diferencia es que post aplicación la pintura no tendrá el mismo contenido de disolvente.

4.2.1.- Resinas termoestables

1. Resinas epoxi: este tipo de resinas supusieron un gran avance en el sector de la pintura. Tienen un ratio de curado que depende directamente de la temperatura. Por debajo de los 5°C el ratio de curado es reducido, por lo que se necesita de un curado total de la resina para conseguir las propiedades deseadas y óptimas. Cabe destacar que con los aditivos adecuados se pueden curar pinturas con resinas epoxi por debajo de los -5°C. Visto la gran importancia que tiene la temperatura en este tipo de resinas, se debe asegurar su aplicación de acuerdo con los estándares de aplicación suministrados por el fabricante.

La aplicación de este tipo de resinas se da en estructuras bajo el agua o en contacto con ella, debido a que muestran una resistencia al medio marino más que aceptable.

2. Resinas de poliuretano: estos son polímeros formados por la reacción entre compuestos hidróxidos y compuesto isocianatos. Uno de sus principales puntos críticos es la sensibilidad al agua en situaciones de almacenamiento y en su aplicación.

Este tipo de resinas tienen un elevado coeficiente de resistencia a los ácidos, pero su resistencia alcalina es menor que la de las resinas epoxi. Este tipo de recubrimientos tienen una elevada dureza, un increíble brillo y una magnífica retención del mismo. Sin embargo durante el paso de los años si se requiere de un post pintado, la superficie debe ser perfectamente lisa y pulida, debido a que necesitan de una perfecta adhesión para su aplicación.

3. Resinas alquímicas: están formadas por una reacción entre un ácido orgánico especial, un alcohol especial y aceite vegetal o bien, ácidos grasos. Las propiedades finales de este tipo de resinas están ligadas al porcentaje de aceite, y también con las cantidades de alcohol y ácido orgánico utilizados en la mezcla.

Este tipo de resinas tiene una baja resistencia contra los ácidos o alcalinos, pero con los aditivos adecuados puede llegar a mejorar dicha resistencia hasta cierto punto, pero nunca ser completamente resistentes a éstos. Su aplicación es para usos específicos.

4. Resinas inorgánicas: están formadas por silicatos, combinados normalmente con polvo de zinc. Hay dos tipos de silicatos, los silicatos a base de agua inorgánicos basados en litio, potasio, o sodio; y los silicatos basados en acetato.

Las resinas de este tipo ofrecen unas características elevadas contra la corrosión, de resistencia a la temperatura y son muy duras. Sin embargo, necesitan de una buena preparación de superficies para su aplicación y si se da el caso de reparación se tratan con resinas orgánicas.

4.2.2.- Resinas termoplásticas

1. Resinas de clorocaucho: tienen una gran resistencia al agua y al ácido en superficies previamente y correctamente tratadas. Sin embargo, la sensibilidad térmica de éstas puede llegar a provocar imperfectos en la capa de pintura cuando se utilizan en climas cálidos, así como una tendencia a volverse amarillas cuando son expuestas a la luz solar.

Este tipo de resinas tienen un punto de secado a bajas temperaturas, además de otorgar unas buenas propiedades de adhesión en estructuras con cierto tiempo de uso, lo que los hace adecuados para labores de mantenimiento de estructuras.

2. Resinas de vinilo: se forman por la aglomeración de polímeros de cloro, polímeros de acetato y polímeros de alcohol. Junto con la adición de otros tipos de resinas, como puede ser la resina acrílica, pueden llegar a formarse materiales sólidos de mayor volumen. Se le puede añadir alquitrán para incrementar la resistencia al agua de estas resinas.

4.3.- Tipos de pigmentos

1. Pigmentos anticorrosivos: este tipo de pigmentos previenen la corrosión de los metales mediante procesos químicos y electroquímicos en zonas en contacto con el agua.
 - Zinc: la principal forma de protección contra la corrosión es mediante la acción galvánica de este pigmento. Debido a que el recubrimiento está en contacto con la atmosfera se produce una progresiva corrosión del zinc dando lugar a una barrera impermeable con una pequeña o nula protección galvánica. Para evitar esto, la proporción del zinc en la totalidad debe ser de 0.85/1. Las resinas a utilizar con este tipo de pigmentos son las resinas epoxi y las resinas de silicato.
 - Aluminio: se utiliza como anticorrosivo por el hecho de que absorbe el oxígeno para producir óxido de aluminio, lo que bloquea los poros del recubrimiento. Cuando el aluminio está en contacto con el acero, sucede un mecanismo catódico de protección, sin embargo, hay que tener en consideración su aplicación en ciertos tipos de buques como gaseros o quimiqueros, limitando su cantidad en un 10% para evitar problemas posibles incendios.
 - Fosfato de zinc: la protección es otorgada mediante un efecto barrera. La ventaja de este tipo de pigmento es su transparencia, lo que permite que se puedan utilizar para pinturas de cualquier color sin tener repercusiones en el aspecto final de las mismas.
2. Pigmentos de barrera: permiten incrementar la permeabilidad del recubrimiento con su adición. Los dos tipos principales de pigmentos de barrera son el aluminio y el óxido de hierro (MIO=Micaceous Iron Oxide).
3. Pigmentos colorantes: proporcionan tanto color como opacidad y se pueden dividir entre pigmentos orgánicos y pigmentos inorgánicos. El pigmento colorante más común es el dióxido de titanio, que es blanco. Debido a problemas con la salud y la seguridad la tendencia actual es la de utilizar pigmentos orgánicos en lugar de los inorgánicos, que pese a tener una opacidad menor ofrecen menores riesgos.
4. Pigmentos extendedores: la función de este tipo de pigmentos es la de ajustar o extender la pigmentación de la pintura para alcanzar el volumen deseado, es decir, cubrir toda la superficie para la cual se ha diseñado. Este tipo de pigmentos están compuestos por varios tipos de polvos inorgánicos con distintas y variadas formas y tamaños.

Tienen influencia sobre las propiedades físicas como la fluidez, la resistencia al agua, la resistencia química, la dureza, el grado de brillo de la pintura, etc.

4.4.- Tipos de disolventes

Los disolventes son el componente de la pintura que permite la dilución de la resina para facilitar su aplicación, reduciendo su viscosidad hasta hacerla la adecuada para cada tipo de aplicación y situación. Después de su aplicación, el disolvente se evapora, dejando de formar parte de la pintura final.

Los principales tipos de disolventes son:

1. Disolvente puro: es un líquido que diluye de forma idónea el ligante y que es compatible con éste.
2. Disolvente latente: no es un disolvente compatible con el ligante o resina, pero mezclado con disolventes puros o verdaderos permite obtener unas mejores características y mayores propiedades disolutivas.
3. Disolvente diluyente: como el disolvente latente, éste no es un disolvente compatible con el ligante. Este tipo se utiliza para reducir los costes del disolvente, añadiéndolo a la mezcla de los dos anteriores, pero siempre con un porcentaje limitado para no poner en peligro la calidad del disolvente final.

Las principales propiedades de los disolventes a parte del coste y de su disponibilidad son:

- Toxicidad
- Volatilidad
- Inflamabilidad
- Olor
- Compatibilidad
- Capacidad de adecuación

4.5.- Recubrimientos anticorrosivos y recubrimientos resistentes al impacto o a la abrasión

4.5.1.- Recubrimientos anticorrosivos

Quitando algunos casos como los recubrimientos anti-fouling o algunas pinturas contra-incendios, la mayoría de los recubrimientos son de tipo anticorrosivo. Hay distintos tipos de recubrimientos anticorrosivos, pero la mayoría de los que se aplican en un buque son de tipo epoxi.

Los tipos epoxi, y por ende, los tipos de recubrimientos más utilizados contra la corrosión en los buques, son los listados a continuación:

1. Epoxi puro: son generalmente pinturas que contienen solo polímeros epoxi en ellas, tanto los pigmentos, los extendedores como los disolventes y el agente de reticulación son de origen epoxi. Proveen el mayor rendimiento posible como recubrimiento en términos de anticorrosión, vida útil y términos de mantenimiento (el menor posible)
2. Epoxi modificado: este grupo contiene una gran variedad de posibles tipos, por lo que la identificación de las propiedades anticorrosivas de los mismos no se puede globalizar de forma correcta. Pero tienen una gran efectividad en servicio. Pueden contener materiales no epoxi, materiales no reactivos, tanto sólidos como líquidos.
3. Epoxi con alquitrán: están disponibles en un gran rango de variedades, desde estado líquido a estado sólido. Su inclusión da lugar a un recubrimiento con un color marrón muy oscuro o un color negro, que con la adición de los pigmentos adecuados puede tener un color más luminoso y brillante. Desde la década de los 90 se han eliminado de los tanques de lastre debido a problemas de seguridad y salud, y cambiado por recubrimientos con colores más luminosos para también facilitar las tareas de inspección de los mismos.
4. Epoxi sin disolvente: son pinturas que no necesitan de disolvente para su correcta aplicación, como su propio nombre indica. Su principal característica es la no inclusión de disolvente retenido en la pintura final debido a la ausencia del mismo. La viscosidad necesaria para su aplicación se consigue mediante un calentamiento del o de los sistemas y por la selección de materias primas de bajo nivel molecular.

Sus principales usos son:

- Tanques de lastre
- Tanques de carga
- En el interior del sistema de tuberías

- Interior de tanques con ventilación limitada
- Zonas donde la extracción de componentes orgánicos volátiles es complicada

4.5.2.- Recubrimientos resistentes al impacto o a la abrasión

Este tipo de recubrimientos se utilizan generalmente en las zonas de los buques donde es más probable que se dañen, como por ejemplo las cubiertas, las regiones próximas a los finales de las tuberías de succión, etc.

Este tipo de recubrimientos ofrecen un incremento de la resistencia al daño debido a la carga, pero no son suficientes para combatir los efectos de un golpe tal que modifique o deforme el mismo acero que forma la estructura.

4.6.- Imprimaciones de taller

Las imprimaciones de taller o imprimaciones preconstrucción son recubrimientos anticorrosivos diseñados para su aplicación con el uso de plantas automáticas en planchas y perfiles en su estado previo a su ensamblaje o construcción en las etapas de construcción de nuevos buques.

Las imprimaciones de taller deben ofrecer o tener las siguientes características o propiedades:

- Proveer protección contra la corrosión en las etapas de construcción
- Ser capaz de ser aplicable de forma automática en sistema de difusión por spray
- Tener un tiempo de secado tal que permita un reducido tiempo entre su aplicación y la posibilidad de manejarlo de nuevo
- Tener una reducida influencia sobre la velocidad de la soldadura o de la velocidad en el cortado
- No provocar humos tóxicos o nocivos durante los procesos de cortado y de soldadura
- Ser capaces de resistir a los procesos de construcción del buque sin sufrir desperfectos
- Formar una base en el metal que pueda soportar la gran variedad de posteriores recubrimientos a aplicar

Este tipo de pinturas tienen unas propiedades diferentes a las pinturas utilizadas normalmente en el sector marino. Son aplicadas de forma que su espesor final sea reducido, entre las 15 micras y las 20, de forma que las interferencias que puedan causar sobre las velocidades de corte y soldadura sean las mínimas posibles.

El principal tipo de imprimación de taller es el silicato de zinc.

4.7.- Principales fallos de los recubrimientos durante su aplicación

1. Arrufo: se produce generalmente en superficies verticales donde la aplicación de la pintura se realiza con un espesor reducido o cuando la boquilla de aplicación está muy cerca de la superficie o se mantiene en la misma posición y ubicación por un periodo de tiempo elevado.
2. Piel de naranja: la superficie parece como picada y luce como la piel de naranja, de ello su nombre. Está causado por el uso de disolventes no propicios para el recubrimiento en cuestión, por el uso de una técnica de aplicación incorrecta o por un sobre-espesor de la pintura.



Figura 4.1: Fallo del recubrimiento tipo piel de naranja

3. Agrietamiento: este tipo de fallo se da lugar cuando la aplicación de la pintura da lugar a un recubrimiento muy fino, y cuando debido a las tensiones internas ocasionadas por el secado y curado de la pintura se dan lugar puede ocasionar el agrietamiento del recubrimiento.
4. Falta de adhesión: se dan lugar en zonas o áreas de pequeña superficie en las cuales no se consigue la correcta adhesión de la pintura debido a una contaminación superficial como puede ser los restos de aceite en la superficie de la estructura. El mayor problema de este tipo de fallo o defecto es que la corrosión se originará principalmente en dichas zonas.



Figura 4.2: Fallo del recubrimiento debido a la falta de adhesión

5. Sobre-espesor: este fallo es debido a que la aplicación de pintura excede el máximo límite de espesor del recubrimiento determinado por el fabricante, dando lugar a que se produzca su extracción o bien caiga por si solo como si se pelara el recubrimiento.



Figura 4.3: Fallo del recubrimiento debido al sobre-espesor

6. Falta de material: ocurre cuando el espesor de la pintura aplicada es menor al diseñado para dicha superficie.



Figura 4.4: Fallo del recubrimiento debido a la falta de material

7. Inclusiones de granalla: si no se produce una correcta limpieza de la superficie después de los procesos de granallado o si los residuos de este son depositados en una superficie cercana donde la superficie pintada requiere de otra capa, se producirán inclusiones de granalla en el recubrimiento.

Esto dará lugar a la corrosión de las inclusiones cuando éstas entren en contacto con el agua, dando lugar a que el recubrimiento se vea forzado a despegarse del acero. Si por ejemplo, las inclusiones se dan entre las distintas capas de recubrimiento, en lugar de despegarse todo el recubrimiento lo haría solo las capas superiores del mismo.



Figura 4.5: Fallo del recubrimiento debido a inclusiones de granalla

8. Error humano en la aplicación: el error humano puede darse por diversos factores, como pueden ser, la elección de un tipo de pintura inapropiado, una mezcla no propiamente realizada o la aplicación de la misma fuera de su vida útil. O bien, la aplicación de la pintura o recubrimiento fuera de los estándares apropiados para su aplicación o debido a otros procesos, como la limpieza de la superficie realizada antes de que se produjera el secado y curado total del recubrimiento:



Figura 4.6: Fallo del recubrimiento debido al error humano

Los principales fallos derivados del error humano son:

- Falta de penetración: debido a incorrectas o pobres prácticas de aplicación de la pintura en zonas como esquinas, bordes o soldaduras, el recubrimiento puede no cubrir totalmente el área de aplicación así como asegurar que el espesor aplicado es el deseado para dicha zona.
- Pisadas: si no se ha realizado el secado de la pintura completamente, el paso de operarios para comprobar el recubrimiento puede dar lugar a pisadas que quedarán marcadas en el recubrimiento. El espesor de las zonas dónde haya pisadas será menor del requerido con todos los problemas que puede esto ocasionar.
- Elevados cambios de temperatura entre invierno y verano: en las zonas geográficas dónde se produzcan elevados cambios en las temperaturas el recubrimiento debe ser adecuado a dichos cambios antes de que se alcancen las temperaturas mínimas de uso en el recubrimiento en cuestión.
- Mezcla pobre: una mezcla mal lograda, o una mezcla con las cantidades y proporciones no correctas puede dar lugar a un proceso de curado insuficiente o simplemente que no de lugar a tal proceso, dando una tiempo de servicio del recubrimiento mucho menor al esperado.
- Exceso del tiempo de vida de la pintura: si se excede dicho tiempo, pese a que la pintura puede parecer en estado óptimo de aplicación, el resultado será un recubrimiento con una falta de características óptimas para su servicio.
- Espera preaplicación no suficiente: hay algunos tipos de recubrimientos que requieren de un tiempo determinado de espera después de su mezcla, y si dicho tiempo no es respetado puede dar fallos en la adhesión del recubrimiento a la superficie, un curado insatisfactorio o un pobre rendimiento en servicio.
- Exceso de la vida útil de la pintura: si se aplica una pintura fuera del periodo apropiado de uso para ésta, el resultado será un recubrimiento con deficiencias en sus propiedades y características.
- Almacenamiento: si se produce el almacenamiento de las pinturas en zonas dónde la temperatura no sea la adecuada, tanto por un exceso de la misma como debido a bajas temperaturas, puede afectar a la aplicación, al curado o al rendimiento de las pinturas.

4.8.- Principales fallos de los recubrimientos en servicio

1. Fallo en la imprimación de taller: una vez es aplicada en el metal, este está sujeto a diferentes procesos de fabricación tales como el cortado, el curvado, la soldadura, la preparación de bordes y perfiles, etc., que provocan diferentes daños mecánicos sobre éste. Además de los daños mecánicos se pueden producir contaminaciones de la superficie por adhesión de grasas, aceites, suciedades, etc. Cuando se expone a la atmosfera, particularmente bajo condiciones de humedad o en zonas en contacto con el agua u otros líquidos, la corrosión de cualquier parte expuesta del metal empezará, el zinc que contiene el recubrimiento empezará a corroerse en beneficio del metal.

Pasado cierto periodo de tiempo todo el zinc que contiene el recubrimiento habrá sido corroído en beneficio del metal, y producirá sales de zinc blancas en los ejes y las soldaduras se corroerán dando lugar a óxido de hierro rojo.



Figura 4.7: Fallo en la imprimación de taller

2. Manchas de corrosión: este tipo de fallo ocurre cuando se produce una acumulación de agua residual u otros líquidos, en zonas tales como las partes superiores de los tanques de lastre o en planchas bajo cubierta. Otras zonas típicas dónde suele ocasionarse es en la parte superior de los longitudinales o cuadernas.

El agua se acumula en las zonas horizontales de los refuerzos de la estructura, debido al diseño de los refuerzos y su ubicación. Otra zona de ubicación de este fallo es en las zonas del fondo del casco, en las que se acumulará el agua debido al trimado del buque, un drenaje no suficiente y debido a los agujeros en los refuerzos y las intersecciones entre ellos.



Figura 4.8: Fallo del recubrimiento tipo manchas de corrosión

3. Erupciones en el metal: se producen erupciones con forma de ampollas en la superficie del metal o bien entre sus distintas capas del recubrimiento (caso menos usual). Son originadas por contaminación iónica en el sustrato, previamente a la aplicación del recubrimiento, o bien debido a material soluble filtrado desde el recubrimiento a la superficie exterior. El agua en el interior de la ampolla es conducida hacia fuera a través del recubrimiento, y cuando la

presión osmótica de la misma se equipara a la adhesión del recubrimiento se produce el crecimiento de la ampolla.



Figura 4.9: Fallo del recubrimiento tipo erupciones en el metal

4. Ruptura del recubrimiento en los bordes: se produce la ruptura del recubrimiento en las zonas de los bordes de los refuerzos y en las zonas próximas a los recortes en la estructura, como pueden ser los pasos de hombre, escotillas, etc.

Algunas de las causas de este tipo de fallo pueden ser la aparición de una tensión superficial en la capa de la pintura aún húmeda, una elevada velocidad de aplicación del recubrimiento o una preparación de superficies inadecuada o insuficiente.



Figura 4.10: Fallo del recubrimiento tipo ruptura en los bordes



Figura 4.11: Fallo del recubrimiento tipo ruptura en las zonas próximas a los recortes de la estructura

5. Corrosión en la soldadura: como sucede en los bordes de la estructura, las soldaduras son otras zonas propensas al desconchamiento del recubrimiento y por ende a la corrosión del metal base. Los dos tipos básicos de corrosión que se dan lugar en las soldaduras son:

- La corrosión se inicia en ambos costados del cordón de soldadura, dentro de la zona térmicamente afectada, y el óxido se produce desde el proceso de soldadura.
- Este segundo tipo de corrosión ocurre más cercano a la soldadura y está asociado a una falta de limpieza en la superficie previa a la aplicación del recubrimiento.



Figura 4.12: Fallo del recubrimiento debido a la corrosión de la soldadura

6. Depósitos calcáreos: la presencia de ánodos de sacrificio en los tanques de lastre da lugar a la formación de iones de hidroxilo en la interfase del metal con el recubrimiento, previniendo la corrosión. Como repercusión se forman los denominados depósitos calcáreos.

Los depósitos calcáreos se originan parcialmente por la reacción del dióxido de carbono con los iones de hidroxilo y también, debido a la deposición de carbonatos semi-soluble depositados debido al agua de mar en contacto con la estructura.



Figura 4.13: Fallo del recubrimiento debido a depósitos calcáreos

7. Mala preparación de superficies: una preparación inadecuada de la superficie a tratar es uno de los principales fallos en los recubrimientos, pero si añadimos además una pobre aplicación de los mismos o con un espesor reducido, se puede producir corrosión y abrasión.



Figura 4.14: Fallo del recubrimiento debido a una mala preparación de superficies

8. Daños por impacto inverso: puede darse lugar en zonas como los tanques de lastre debido a un impacto intenso y fuerte desde fuera del mismo tanque. Se da comúnmente en graneleros, principalmente en las zonas del doble fondo debido al impacto de la maquinaria utilizada para la extracción de la materia transportada.



Figura 4.15: Fallo del recubrimiento debido a daños por impacto

Otras zonas en las que se dan lugar dichos daños son las zonas contiguas a las áreas de empuje de los remolcadores, las zonas de los costados en las que inciden las olas y pueden llegar a incidir objetos que se encuentren en la mar. Pero estos tipos de daños son menores que los citados anteriormente y su repercusión sobre el recubrimiento es también menor.



Figura 4.16: Fallo del recubrimiento en la zona del área de empuje de los remolcadores

9. Agrietamiento: es generalmente el resultado de un espesor insuficiente de una capa del recubrimiento en una zona donde el recubrimiento tiene un espesor considerable. Otra razón es la aparición de elevadas tensiones internas que provocan el agrietamiento en los recubrimientos con un espesor elevado.



Figura 4.17: Fallo del recubrimiento tipo agrietamiento

10. Debido a tensiones en la estructura: la corrosión puede aparecer en zonas donde los niveles de tensiones en la estructura sean elevadas, como por ejemplo en las uniones de los refuerzos longitudinales y transversales. Se pueden identificar por su localización o por la aparición del mismo tipo de fallo en el mismo lugar de la estructura.



Figura 4.18: Fallo del recubrimiento debido a tensiones internas

También pueden darse lugar en las zonas próximas a aperturas o en las soldaduras.



Figura 4.19: Fallo del recubrimiento debido a tensiones en las zonas próximas a aperturas o soldaduras

4.9.- Documentación técnica de los recubrimientos

La documentación que se recibe del fabricante consiste, principalmente en los siguientes datos:

1. Descripción del producto: nombre, tipo y número de identificación
2. Uso recomendado: indica en que zonas del buque es recomendable utilizar dicho recubrimiento
3. Espesor de las capas: mínimo y máximo espesor aplicable del recubrimiento
4. Propiedades físicas: materiales, componentes, composición y colores del recubrimiento
5. Preparación de superficies: recomendaciones para la condición de la superficie sobre la que aplicar el recubrimiento
6. Condiciones durante la aplicación: limitaciones en cuanto a la temperatura, humedad, etc.
7. Métodos de aplicación: herramientas a utilizar, métodos a emplear o maquinaria adecuada para su correcta aplicación
8. Información de aplicación: se debe indicar de forma clara el número y secuencia de las capas aplicadas e indicar dónde y como se van a aplicar los recubrimientos
9. Tiempo de secado
10. Almacenaje
11. Manejo y tamaño del conjunto
12. Condiciones de seguridad y salud

TEMA 5: RECUBRIMIENTOS PARA CASCOS



5.- RECUBRIMIENTOS PARA CASCOS

Los recubrimientos para cascos tienen un papel fundamental en la adecuada conservación y mantenimiento del casco y de sus cualidades de navegación, así como de resistencia estructural. Se debe proceder a proteger el casco de los buques metálicos de los procesos corrosivos que suceden al tener contacto directo con el agua de mar, pero también se debe proteger los cascos metálicos y los contruidos con materiales compuestos de los problemas de fouling, mencionados en el capítulo tres.

A continuación vamos a proceder a identificar los factores a considerar cuando hay que seleccionar un tipo de recubrimiento para cascos, los principales tipos de recubrimientos utilizados actualmente y también las características de cada uno de ellos. Así podremos decidir con un criterio basado en el conocimiento que tipo de recubrimiento conviene más para cada buque y situación.

5.1.- Factores a considerar durante la selección del recubrimiento para el casco

5.1.1.- Protección y longevidad

Se debe considerar el tipo de buque, la zona geográfica por la que va a navegar y las condiciones de temperatura en las que se dará dicha navegación para asegurar una protección del casco contra la corrosión. No todos los tipos de buques tendrán las mismas necesidades en el recubrimiento del casco, por lo que en función de los parámetros mencionados se debe proceder a su selección y adecuarlo para cada tipo de buque. Como por ejemplo, un buque rompehielos que navega en condiciones duras de temperatura, riesgos de colisión... no tendrá el mismo tipo de recubrimiento que un buque porta-contenedores que navega entre islas del Mediterráneo.

Otro parámetro a considerar es el tiempo de vida útil del recubrimiento, y por ende el tiempo entre su aplicación y reemplazamiento es un factor de vital importancia debido a su repercusión en la actividad comercial de los buques y a su vez sobre la economía del armador. Algunos tipos están diseñados para que sean reemplazados en un periodo entre los 3 y 5 años desde su aplicación, otros sin embargo son capaces de durar toda la vida útil del buque con sólo la aplicación de algunos retoques mínimos en el recubrimiento. Esto implica una gran diferencia en el coste total, las paradas en dique seco para su mantenimiento y su repercusión directa en el tiempo de actividad del buque así como los costes derivados del mismo.

5.1.2.- Repercusión sobre el consumo de combustible

La aplicación de un recubrimiento sobre el casco del buque va a afectar directamente sobre la superficie del mismo, y por ende sobre la resistencia al avance del buque durante la navegación.

Esto implica una repercusión directa sobre el consumo de combustible en el buque, ya que si el recubrimiento aplicado sobre el casco tiene un acabado rugoso, la preparación de superficies no es la correcta o se produce una aplicación no adecuada del mismo, la resistencia al avance se verá incrementada y a su vez el consumo de combustible del buque, aumentando los costes.

Además de que los gastos de combustible sean mayores o menores, otro punto a tener en cuenta es la contaminación por gases nocivos que emiten los motores del buque, y que a menor resistencia y menor consumo, menor será la emisión de los mismos y por tanto menor repercusión mediambiental.

Otro factor a considerar, como en el caso anterior, es la zona en la que el buque va a navegar, y por ende el tipo de fouling que va a verse adherido al buque determinarán el tipo de recubrimiento a utilizar y sus propiedades de rugosidad.

5.1.3.- Facilidad de limpieza

Otro aspecto a considerar es la facilidad con la que la limpieza del casco puede llevarse a cabo. El tiempo invertido y el dinero utilizado para la limpieza del casco pueden llegar a suponer unos beneficios para el armador, puesto que las ventajas de navegabilidad que supone tener un casco limpio y con la ausencia de fouling son un ahorro importante en el cómputo total de gastos.

Esto crece en importancia en las labores de limpieza bajo el agua, ya que el hecho de tener que sacar el buque para su limpieza a dique seco, tiene una repercusión muchísimo mayor sobre los gastos que el que podría ocasionar la limpieza del casco bajo el agua. Por lo tanto, si disponemos de un recubrimiento que tenga una cierta facilidad de limpieza sin la necesidad de sacar el buque a dique seco, los beneficios no serían sólo económicos, sino también de tiempo.

5.1.4.- Dique seco

Uno de los puntos más importantes es la necesidad de sacar el buque a dique seco para la reparación y aplicación del recubrimiento, debido a los enormes gastos que esto supone, además de su planificación y la cantidad de tiempo en la que el buque no podrá estar en funcionamiento dando beneficios al armador.

La necesidad de sacar el buque a dique seco varía en función del tipo de recubrimiento utilizado, las condiciones de navegación y el tipo de mantenimiento aplicado al casco. Se puede estimar un tiempo medio entre los 3 y 5 años entre varadas en dique seco, aunque hay algunos tipos de recubrimientos que tienen unos intervalos de tiempo menores. Si no se siguen estos criterios de mantenimiento puede darse corrosión en la superficie bajo la capa del recubrimiento.

Como se mencionó anteriormente, hay algunos tipos de recubrimientos que no necesitan de la varada en dique seco para su mantenimiento, ya que con unos pocos retoques en la pintura el recubrimiento efectuaría su función sin ningún tipo de problema.

5.1.5.- Repercusión medioambiental

Hay que tener en cuenta el tipo de repercusión que puede tener la aplicación de un recubrimiento u otro en el casco del buque, ya que aunque la aplicación de ciertos recubrimientos sea legal no implica que éstos no sean dañinos o perjudiciales para el medio ambiente.

En este punto habría que considerar puntos como que tipo de recubrimiento es más o menos tóxico, si sus procedimientos de limpieza o de mantenimiento tienen repercusiones o si son perjudiciales para el medio ambiente. O incluso cuestiones relacionadas con el consumo de combustible deberían tenerse en consideración, ya que a menor consumo de combustible, menores emisiones de gases perjudiciales a la atmósfera.

Otro punto a considerar es si el tipo de recubrimiento utilizado va a ayudar o incluso eliminar la posibilidad del transporte de especies marinas que se adhieran al casco del buque de una zona geográfica a otra. Esto puede suponer un cambio en el ecosistema de una zona en concreto y modificarlo de tal forma que se vea puesto en peligro.

5.1.6.- Costes

Por último, y el factor que suele tomar mayor relevancia en la selección del recubrimiento, es el coste del mismo. Esto puede llevar a errores en su elección, porque que un tipo de pintura tenga un coste por litro menor, no implica que el coste total de su aplicación sea menor, ya que hay que considerar factores como la preparación de superficies, los beneficios y repercusiones que puede tener durante la navegación y consumos, etc.

El coste del recubrimiento tendrá una relación directa con las propiedades del mismo, y por ende sobre sus condiciones de aplicación, la necesidad y tiempos de limpieza de la superficie, su facilidad de limpieza, el tiempo entre mantenimientos y por tanto entre las varadas en dique seco... lo que para la correcta selección del tipo de recubrimiento a utilizar deberíamos realizar un pequeño estudio sobre los costes derivados a cada tipo de recubrimiento a utilizar. Y, una vez realizado dicho estudio, seleccionar el tipo de recubrimiento que más nos interesa para nuestro buque en concreto.

5.1.7.- Preguntas que deberíamos realizar para la correcta selección del recubrimiento a utilizar

A continuación vamos a exponer algunas preguntas que pueden ayudar a la correcta selección del tipo de recubrimiento a utilizar, basadas en los factores que debemos considerar y que han sido mencionados anteriormente:

1. Protección y longevidad

- ¿El recubrimiento va a proteger el casco debidamente?
- ¿Es este recubrimiento adecuado para dicho buque en concreto?
- ¿Cuál va a ser la durabilidad del recubrimiento?
- ¿Va a tener que ser reemplazado el recubrimiento debido a regulaciones o legislaciones posteriores?

2. Consumo de combustible

- ¿Cómo va a afectar a la rugosidad del casco la aplicación del recubrimiento?
- ¿Va a producirse un ensuciamiento del casco?

3. Facilidad de limpieza

- ¿Va a ser fácil la limpieza del casco?
- ¿Se requerirá de limpieza en dique seco?
- ¿O, será suficiente con la limpieza bajo el agua?

4. Dique seco

- ¿Cuál será el periodo entre las varadas en dique seco?
- ¿Cuál será el tiempo requerido de cada varada?
- ¿Cuán fácil será la reparación del recubrimiento?

5. Repercusión medioambiental

- ¿Es el recubrimiento perjudicial para el ambiente marino o los ríos o canales por los que navegaría el buque?
- ¿Afectarían los procedimientos de limpieza del casco al medioambiente?
- ¿Tienen los procesos de reparación y pintado del casco algún tipo de repercusión sobre el medioambiente?
- ¿Se consigue una reducción del consumo de combustible, y por ende una menor contaminación por gases tóxicos emitidos por los motores del buque?
- ¿Ayuda o evita la transmigración de especies marinas de una zona geográfica a otra?

6. Costes

- ¿Cuánto va a costar el recubrimiento?
- ¿Qué tipo de preparación de superficies será requerida para la aplicación de dicho recubrimiento?
- ¿Cuánto va a costar la aplicación de dicho recubrimiento?
- ¿Cuántas veces va a tener que ser reemplazado el recubrimiento a lo largo de la vida útil del buque?

- ¿Cuál va a ser la frecuencia en la que se deberán realizar las limpiezas del casco, tanto bajo el agua como en dique seco?
- ¿Cuál va a ser la repercusión en el coste del combustible con la selección de dicho recubrimiento?

5.2.- Tipos de recubrimientos para cascos de buques

5.2.1.- Pinturas antifouling biocidas (AF)

Este tipo de pinturas se caracterizan por las emisiones de sustancias tóxicas que matan a los elementos marinos, tanto plantas como animales, que constituyen el fouling, evitando así que se queden adheridos al casco del buque.

Están constituidas por diferentes capas, normalmente un par de capas anticorrosivas, que se encuentran en contacto con el casco del buque y posteriormente a éstas una o varias capas de pintura antifouling. Como se ha mencionado depende de cada caso en particular, pero de forma general, se puede considerar la aplicación de entre tres y cinco capas de pintura.

Uno de los inconvenientes de este tipo de pinturas es la rugosidad que implica su uso en la superficie del casco, lo que supone un incremento de la resistencia al avance del buque y por ende un aumento del consumo de combustible y de los costes del buque.

Hay tres tipos principales de pinturas AF:

1. Pinturas de filtrado por contacto: es el tipo más simple y antiguo de pinturas AF. La resina es combinada con la mayor cantidad de biocida posible. Gracias al contacto con el agua de mar, el biocida es filtrado hasta la superficie del casco eliminando todos los seres vivos marinos que se adhieran al mismo.

Los tipos de resinas más utilizados son los copolímeros de vinilo o acrílicos, mientras que el biocida más utilizado es el óxido de cobre. Este tipo de pinturas tienen una vida útil de alrededor de un año, pero en su beneficio son unas pinturas con un coste reducido.

2. Polímeros con desgaste controlado (CDP-Controlled depletion polymers): en este tipo de pinturas parte de la resina es soluble en el medio marino, lo que va provocando un progresivo desgaste del recubrimiento. Consiguiendo así una capa de pintura expuesta al medio marino con las mejoras características de protección posibles, de forma continua y controlada.

Debido a que se va produciendo un desgaste de la capa exterior de la pintura, se intenta conseguir que dicho recubrimiento tenga unas características suficientes en cuanto a la resistencia a la abrasión y al impacto, además de permitir su desgaste con el paso del tiempo. Este tipo de pinturas tienen un periodo de uso de unos tres años, antes de que sea necesaria su aplicación de nuevo.

3. Copolímeros de auto-pulido (SPC-Self-polishing Copolymer): en este caso se produce una reacción química entre el agua de mar y los biocidas que contiene el recubrimiento de la capa superficial del mismo, por la cual éstos son

liberados al agua. Se produce una liberación de los biocidas de forma gradual y continua, dando lugar a una erosión de las delgadas capas de pintura que forman el recubrimiento con el solo avance del buque en navegación. Debido a este proceso de erosión, solo por el hecho de que el buque esté navegando, se les denomina pinturas de auto-pulido.

Este tipo de pinturas sin embargo no pueden aplicarse a buques que permanezcan cierto tiempo varados, debido a que su funcionamiento depende de la erosión de las distintas capas del recubrimiento durante la navegación del buque.

5.2.2.- Recubrimientos antiadherentes (FR)

Este tipo de recubrimientos se basa en el concepto de que si se consigue una superficie lo suficientemente lisa y pulida del casco, se va a conseguir evitar la adhesión del fouling al mismo o, en el caso de que se adhiera mínimamente, gracias al avance del buque el fouling sería removido sin ningún tipo de problemas.

Para entender un poco mejor como funcionan este tipo de recubrimientos hay que explicar brevemente los tipos de materiales que puede haber, en función de la energía necesaria para provocar su rotura, y su comportamiento con los líquidos en contacto con ellos.

Se pueden diferenciar dos tipos de materiales en función de su energía superficial:

- Materiales con alta energía superficial: como son los metales, cristales y materiales cerámicos
- Materiales con baja energía superficial: como son las siliconas y los polímeros de flúor (ej: teflón)

El fenómeno en el que se basan estos recubrimientos es en la aplicación de materiales con baja energía superficial, debido a que dichos materiales son más difíciles de mojar y la adhesión a éstos es más difícil que en el caso de materiales con alta energía superficial. Debido a que el fouling segrega una sustancia adhesiva con la finalidad de adherirse al casco del buque, los materiales con baja energía superficial dificultan dicha adhesión, reduciendo o evitando completamente la adhesión del fouling al casco del buque y por lo tanto los problemas derivados de éste.

Este tipo de recubrimientos consisten normalmente en múltiples capas de pintura, incluyendo una capa epoxi de protección contra la corrosión, una capa que facilite la adhesión entre la capa de pintura epoxi y las posteriores capas de pintura de materiales antiadherentes.

Se pueden definir dos tipos principales de recubrimientos antiadherentes:

1. Recubrimientos antiadherentes a base de silicona: este tipo de recubrimientos son hidrodinámicamente mejores que los recubrimientos

AF, ya que si se mantienen en condiciones óptimas de limpieza las ventajas en el consumo de combustible son notorias en comparación con los recubrimientos AF. Este hecho permite valorar la aplicación de este tipo a pesar de tener un coste mayor.

No son recomendables para su aplicación en buques o embarcaciones en las que se tengan previstos periodos más o menos longevos de parada, ya que si se produce la adhesión de percebes al casco, éstos podrían llegar a penetrar hasta la capa de epoxi y provocar serios problemas al casco del buque. Además los procesos de limpieza provocarían una abrasión y deterioro de las capas superficiales del recubrimiento, reduciendo su eficacia y conservación.

2. Recubrimientos antiadherentes a base de polímeros de flúor: pese a tener una energía superficial menor a los recubrimientos basados en silicona, la adhesión es mayor en éstos. Debido a esto su uso y aplicación es menor que los del tipo anterior.

5.2.3.- Recubrimientos duros (inertes)

Este tipo de recubrimientos se caracterizan por que son inertes, no contienen biocidas y no son tóxicos. Para que puedan ser utilizados en los cascos de los buques, deben ser aplicados en buques en los que se proceda a navegar en zonas donde el fouling no sea un problema, como por ejemplo en la navegación por el hielo, o bien deben ser limpiados de forma regular y sin ser dañados.

Este tipo de recubrimientos, al ser inertes, no se erosionan o se degradan con el paso del tiempo por el contacto con el agua, ni se filtran sustancias o moléculas al agua. Esto permite clasificarlos, desde el punto de vista medioambiental, como los recubrimientos más seguros y menos dañinos de los recubrimientos usados actualmente.

Las principales subcategorías de recubrimientos duros son:

1. Epoxi: son utilizados básicamente como primera capa de recubrimiento debido a su función de protección contra la corrosión, pero no son utilizados en las capas superiores debido a su falta de adhesión cuando el casco del buque flexiona.
2. Fibra de vidrio reforzada con epoxi o poliéster: estos recubrimientos son más duros, más flexibles y más duraderos que los recubrimientos puramente epoxi. Pueden ser limpiados bajo el agua sin segregar sustancias al entorno además de que tienen un acabado superficial más pulido que los epoxi puros.

3. Compuesto de éster de vinilo con fibra de vidrio (STC): su uso en los cascos es reciente, debido a su coste. Como los recubrimientos de fibra de vidrio reforzada son recubrimientos que permiten su limpieza con la seguridad de que no se van a segregar sustancias nocivas o tóxicas al ambiente.

Para conseguir buenas propiedades hidrodinámicas debe ser pulido con equipamiento adecuado y específico después de su botadura, una vez realizado y para su correcto mantenimiento y conservación de las propiedades hidrodinámicas se debe proceder a una rutina de lavado y conservación del casco.

Su aplicación consiste en dos capas de recubrimiento sin imprimación, dando lugar a un recubrimiento con un espesor reducido y con buenas propiedades contra la abrasión que dura la vida útil del buque con solo la aplicación de algunos retoques a lo largo de su vida útil. Además de permanecer muy bien adherido al metal, a pesar de tener una dureza y flexibilidad considerables.

4. Epoxi cerámica: se caracterizan por una longevidad mayor y por la posibilidad de limpieza sin efectos tóxicos. Su uso aún está delimitado por su testeo, y como es entendible su aplicación comercial está limitada.

5.3.- Comparativa de los tipos de recubrimientos en función de los factores a considerar durante su selección

Tipo de recubrimiento	Factores a considerar durante la selección del recubrimiento				Costes
	Protección y longevidad	Consumo de combustible & Facilidad de limpieza	Necesidad de dique seco para su mantenimiento	Repercusión mediambiental	
Recubrimientos AF	1. Son fácilmente dañados 2. Tienen un tiempo de uso sin necesidad de ser reemplazados de entre 3 y 5 años 3. Su total eliminación y aplicación de nuevo sobre el acero se debe ejecutar entre 2 y 3 veces durante 25 años de servicio 4. No se pueden aplicar para buques con cascos de aluminio	1. Su aplicación implica una penalización del consumo de combustible de un 4% 2. Si se navega con lodo las penalizaciones en el consumo ascienden a un 20%	1. Se requiere de unas 5-8 varadas en dique seco durante la vida útil del buque 2. La duración de las varadas en dique seco se estiman de unas 2-3 semanas cada una	1. Contamina el medio ambiente con biocidas tóxicos, dañando el ecosistema marino 2. Elevados compuestos volátiles orgánicos cuando se procede a su aplicación	1. El coste total de la aplicación, mantenimiento y reparación del recubrimiento es el doble del de un STC y más de un tercio superior al de los FR 2. Su coste inicial es menor que el de los otros dos tipos de recubrimientos
Recubrimientos FR	1. Son fácilmente dañados 2. Tienen un tiempo de uso sin necesidad de ser reemplazados de entre 3 y 5 años 3. Su total eliminación y aplicación de nuevo sobre el acero se debe ejecutar entre 1 y 3 veces durante 25 años de servicio	1. Tienen la superficie más pulida de todos sin la presencia de fouling en el casco 2. Normalmente se navega con fouling en el casco lo que supone una penalización de un 20% en el consumo de combustible	1. Se requiere de unas 5-8 varadas en dique seco durante la vida útil del buque 2. La duración de las varadas en dique seco se estiman de unas 2-3 semanas cada una	1. No contiene biocidas, pero contamina el entorno por la segregación de aceites 2. La reducción de combustible que supone su uso implica una reducción de los gases nocivos generados por la combustión del combustible	1. El coste total de la aplicación, mantenimiento y reparación del recubrimiento es 1,5 del de un STC y 2/3 de los AF 2. Su coste inicial es mayor que el de los otros dos tipos de recubrimientos
Recubrimientos duros tipo STC (inertes)	1. Duros y flexibles 2. Poseen una resistencia a la corrosión muy elevada 3. No tienen la necesidad de un repintado y solo son requeridos algunos retoques para que permanezcan en condiciones de funcionamiento a lo largo de la vida útil del buque	1. Combina el uso de recubrimientos duros con procesos de limpieza regulados para maximizar la eficiencia 2. Si se efectúa de forma correcta la limpieza y mantenimiento del casco se puede ahorrar un 20% más que con el uso de otros recubrimientos	1. Una vez aplicado no hay necesidad de sacar el buque del agua para su repintado o mantenimiento	1. No se utilizan productos tóxicos o nocivos para el medio ambiente 2. Su uso reduce el consumo de combustible y por ende las emisiones de gases nocivos producidas por los motores	1. El coste total de la aplicación, mantenimiento y reparación del recubrimiento es la mitad del de un AF y 2/3 de los FR 2. Su coste inicial es menor que el de los FR pero mayor que el de los AF (Considerando los costes derivados de la limpieza)

Tabla 5.1: Recubrimientos – Factores a considerar para su elección

TEMA 6: PREPARACIÓN DE SUPERFICIES Y APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO



6.- PREPARACIÓN DE SUPERFICIES Y APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

Como se ha ido mencionando anteriormente, uno de los principales causantes de fallo de los recubrimientos es una incorrecta o insuficiente preparación de superficies, por lo que se debe prestar mucha atención en su ejecución y utilizar los útiles y herramientas adecuados para cada caso.

A continuación vamos a ver los distintos métodos de preparación de superficies y el herramental que vamos a utilizar o que es necesario en función del método o procedimiento a realizar.

Así como los métodos de aplicación de los recubrimientos, las condiciones durante su aplicación, etc.

6.1.- Preparación de superficies

La preparación de superficies es el proceso más importante en todo el conjunto de la aplicación de los recubrimientos, ya que si no se efectúa de forma correcta los fallos o defectos en el recubrimiento son directamente relacionados con una mala o inadecuada preparación de la superficie. Es decir, si no se realiza de forma óptima el recubrimiento va a fallar de forma prematura, la adhesión superficial se verá reducida y su rendimiento será mucho menor.

6.1.1.- Limpieza de la superficie

La limpieza de la superficie es de vital importancia para la adhesión del recubrimiento a ésta. Por este motivo se debe asegurar que se remueven de la superficie sobre la que se va a aplicar el recubrimiento los siguientes elementos contaminantes, que reducirían su poder de adhesión:

- Aceites y grasa
- Agua o humedad
- Sal
- Salpicaduras de soldaduras
- Restos de escoria de las soldaduras
- Restos de los procesos de corte
- Suciedad del entorno

La limpieza que se lleva a cabo sobre la superficie, sin embargo, está sujeta a condiciones como:

- El rendimiento esperado por el recubrimiento
- Las recomendaciones de limpieza según el fabricante del recubrimiento
- El tiempo de trabajo disponible
- El coste de los métodos de limpieza a aplicar
- Facilidad de acceso a la zona donde aplicar la limpieza de superficies

Los aspectos mencionados por el momento son los relacionados tanto a nuevas construcciones como en caso de mantenimiento o reparación, pero para estos dos últimos casos habría que añadir otros factores a considerar, como son:

- Presencia de pitting
- Presencia de corrosión
- Elementos de protección catódica en la zona
- Recubrimientos aplicados con anterioridad
- Restos de elementos de carga o sustancias transportadas

6.1.2.- Limpieza mediante el uso de disolventes

Se basa en el uso de disolventes para limpiar la superficie de aceites, grasas y otros contaminantes. Es un proceso utilizado como preliminar en la secuencia de preparación de superficies.

Su aplicación para zonas extensas no es de gran ayuda, ya que si no se efectúa una adecuada limpieza de los mismos, pueden llegar a ser más perjudiciales para el recubrimiento que beneficiosa su función. Por ello, después de su uso, se realiza un limpiado mediante agua dulce.

Hay que tener también en consideración aspectos como la ventilación y la reducción de posibles chispas en el área donde vaya a efectuarse la limpieza mediante disolventes, para evitar de esta forma posibles accidentes y mejorar la seguridad y salud del personal involucrado.

6.1.3.- Limpieza por abrasión

Este es el método más común en la preparación de superficies para una posterior aplicación del recubrimiento. La aplicación del chorro abrasivo remueve antiguos recubrimientos en la superficie, sales, fouling, suciedades... además de una superficie adecuada para la posterior aplicación de la pintura.

Para la aplicación de este método, hay que realizar previamente unas tareas de limpieza de la superficie que implican una limpieza de las posibles acumulaciones de aceites y grasas, restos de soldaduras y salpicaduras de las mismas. Además después de haberse aplicado requiere de un postproceso de limpieza que permite eliminar la suciedad y el polvo generados por su uso.

Características tales como el tipo de material abrasivo y las características del chorro abrasivo deberán seleccionarse en función de la zona a preparar y del correspondiente material.



Figura 6.1: Limpieza por abrasión

Las ventajas que ofrece este método son:

- Puede aplicarse en gran escala
- Proporciona una superficie adecuada para la aplicación del recubrimiento
- Proporciona una limpieza de restos de aceite, suciedad y restos de otras pinturas

Las desventajas que tiene son:

- Problemas de ruido, suciedad y elevadas cantidades de polvo
- Posibilidad de generar incrustaciones del material abrasivo utilizado en la superficie del metal

6.1.4.- Limpieza por chorreo de barrido

Se utiliza un chorro abrasivo no focalizado para realizar la limpieza de la superficie en una especie de secuencia de barrido, no centrándose en un área concreta.

Su eficacia depende del tipo de material abrasivo utilizado, así como el tamaño de dicho material, de la superficie a tratar y de la preparación y experiencia del operador.

Actualmente se utilizan tres tipos de chorreo por barrido:

- Chorreo por barrido ligero: para eliminar la contaminación de la superficie o restos del recubrimiento anterior

- Chorreo por barrido pesado: se utiliza para eliminar recubrimientos anteriormente aplicados sobre la superficie, residuos... hasta llegar a la primera capa del metal o hasta la imprimación de taller.
- Eliminación de la imprimación de taller aplicada de forma parcial, de acuerdo con los estándares de la IMO

6.1.5.- Limpieza mediante el uso de chorros de agua a presión

Este método tiene cada vez más redundancia en el sector, debido a que sus repercusiones sobre el medio ambiente son nulas, lo que lo hace valedor de la acreditación de las sociedades principales de protección del medioambiente, seguridad y sanidad en el trabajo.

Su uso implica solamente el uso de agua a presión como medio abrasivo para la limpieza de la superficie, sin el uso de materiales abrasivos que dejen residuos en el material base, etc.

Sin embargo, uno de los principales problemas que puede ocasionar su uso es la oxidación del metal base, debido a la concentración de sales en el metal, por lo que se debería realizar otra limpieza de la superficie previa al pintado.

Al no utilizar materiales abrasivos en el chorreo, no provoca una deformación de la superficie, aunque si elimina restos de pintura, sales, suciedad y aceites. Incluso, en función de la presión a la que se efectúe el chorreo, se puede llegar a eliminar las capas de recubrimiento anteriores.

Las ventajas que ofrece este método de limpieza son:

- Elimina sales solubles de la superficie del metal
- Disponibilidad de agua (material abrasivo utilizado) a bajo coste y en grandes cantidades
- Eliminación de la contaminación en las áreas adyacentes
- Sin emisiones o suciedades debido a su uso

Las desventajas de la limpieza por chorro de agua son:

- No se genera un perfil superficial diferente
- La generación de óxido superficial se ve incrementada
- Mala visibilidad del proceso de limpieza durante su aplicación
- Dificultad de aplicación en las áreas detrás de ángulos o perfiles

6.1.6.- Limpieza mecánica

La eficacia de la limpieza mecánica reside en la calidad de su ejecución, es decir, en el tipo de herramental utilizado, el tiempo dedicado y la habilidad del operador en su ejecución.

Los principales métodos de limpieza mecánica son:

- Cepillo rotatorio
- Lijadoras
- Radiales
- Raspadores
- Cinceles
- Etc.

6.1.7.- Decapado

El decapado consiste en un baño en ácido de la pieza a tratar, normalmente es utilizado en elementos de restringido tamaño, no en un área completa. Los elementos que se suelen tratar con el decapado son tuberías, pequeños elementos estructurales como refuerzos, etc.

Debido al baño en ácido del elemento a tratar, se requiere de una limpieza adecuada para asegurarse de la correcta adhesión del recubrimiento.



Figura 6.2: Proceso de decapado ácido

6.1.8.- Preparación de soldaduras

Los procesos de soldadura provocan deposiciones en el metal adyacente, humos y escoria, que deben ser removidos para asegurar la correcta preparación de superficies.

La escoria debe ser removida manualmente, mientras que las deposiciones debidas a la soldadura deberán eliminarse mediante técnicas mecánicas. Si no se eliminan de forma adecuada, éstas provocarían una superficie irregular, que da lugar a una insuficiente protección del metal al aplicarse la pintura.



Figura 6.3: Preparación de soldaduras

Los humos de la soldadura deben ser eliminados también, ya que si son atrapados entre distintas capas del recubrimiento pueden provocar el desconchamiento o agrietamiento de la pintura.

6.1.9.- Preparación de bordes

La correcta preparación de los bordes se basa en la premisa de asegurar la adhesión del recubrimiento en toda la superficie por igual, ya que si encontramos bordes muy rectos el recubrimiento puede aplicarse de forma no uniforme en él debido a su estado líquido de aplicación.

Para ello se recomienda una preparación de bordes que permite tenerlos con una forma redondeada, asegurando así en la medida de lo posible, la mejor aplicación posible del recubrimiento en dicha zona.

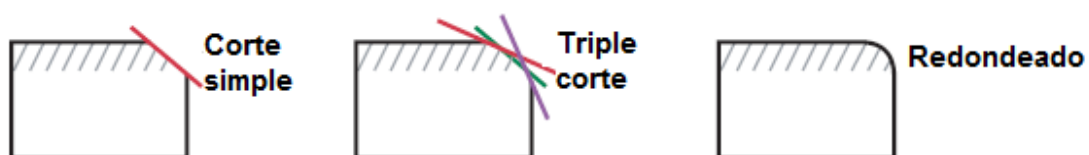


Figura 6.4: Preparación de bordes

6.2.- Aplicación del recubrimiento

La aplicación del recubrimiento debe efectuarse, independientemente del método utilizado, aplicando el espesor requerido de pintura en cada caso.

Si se aplica una capa de pintura con un espesor menor al requerido tendremos problemas de fallos prematuros. Mientras que si se efectúa una aplicación mayor a la necesaria se favorece a que el disolvente quede atrapado en la pintura y no se evapore, provocando una menor adhesión, problemas de fisuras o desprendimiento de las primeras capas.

El espesor requerido de aplicación de pintura depende del tipo de pintura a utilizar y del material sobre el que se va a aplicar, y para su determinación se deben seguir las pautas y consejos provistos por el fabricante de la pintura.

6.2.1.- Métodos de aplicación del recubrimiento

Para la aplicación del recubrimiento se pueden utilizar distintos métodos, como son:

1. Aplicación mediante brocha: es un método de baja velocidad de aplicación que se utiliza para pintar zonas de difícil acceso, como pueden ser aligeramientos, uniones de refuerzos, etc; y para la aplicación de imprimaciones en las que se requiera una gran penetración. Además de su uso durante las labores de mantenimiento para pequeños retoques en la estructura.



Figura 6.5: Aplicación mediante brocha en zonas de difícil acceso

2. Aplicación mediante rodillo: este método es más rápido que la aplicación mediante brocha, y se utiliza generalmente para la aplicación de pinturas en zonas planas y extensas, como pueden ser áreas de cubierta o pasarelas. Pero

no se utilizan para zonas complejas o con ángulos debido a su falta de flexibilidad para su acceso.

3. Aplicación mediante spray convencional: se utiliza para pinturas con baja viscosidad, con un equipamiento con un coste reducido y simple. Se basa en la atomización de la pintura mediante el uso de aire a presión, que junto con la pintura atomizada forma una especie de neblina de pintura que se transporta hasta la superficie a pintar gracias a la presión ejercida por el aire inyectado. Hay que regular correctamente el aire a inyectar para evitar posibles imperfectos en el recubrimiento.
4. Aplicación mediante spray sin aire: es el método más eficiente para la aplicación de recubrimientos, ya que permite una aplicación a gran escala con una velocidad elevada. Su funcionamiento se basa en la atomización de la pintura, para su aplicación, mediante el uso de presión hidráulica al hacer pasar la pintura por una boquilla a presión.



Figura 6.6: Aplicación del recubrimiento mediante spray sin aire

6.2.2.- Condiciones de curado del recubrimiento

Para asegurar un correcto curado del recubrimiento, y por tanto, unas características de funcionamiento idóneas del mismo se deben regular y controlar las siguientes condiciones:

1. Condiciones de superficie: la superficie debe permanecer limpia de contaminantes, utilizando los métodos y técnicas comentadas en el apartado anterior de este mismo capítulo.
2. Temperatura: se debe asegurar su aplicación entre las temperaturas de aplicación recomendadas por el fabricante. En general no se va a proceder a la

aplicación del recubrimiento fuera del rango de temperaturas de entre los 5°C y los 40°C, para asegurar un buen curado.

3. Humedad relativa: las pinturas utilizadas tienen una gran tolerancia frente a la humedad, pero hay que asegurarse de que no se va a proceder a la aplicación de la pintura en condiciones de condensación. Para ello, no se va a proceder a su aplicación si la temperatura del acero es menor a los 3°C (punto de rocío).
4. Condiciones ambientales: no se debe proceder a la aplicación de los recubrimientos en condiciones de lluvia o niebla, y si se efectúan en condiciones de viento se debe tener elevada precaución en la protección de la zona de alrededor, para asegurar la correcta protección de la superficie a pintar.
5. Ventilación: si se realiza el pintado en interior se deben tener especiales precauciones en cuanto a la ventilación, para asegurar el secado y evitar que se quede disolvente atrapado en las capas de pintura.
6. Luz ultravioleta: algunos tipos de recubrimientos son sensibles a la luz ultravioleta, en dicho caso, se deberían tomar precauciones de protección para evitar que surtan defectos en el recubrimiento.

TEMA 7: PROTECCIÓN CATÓDICA



7.- PROTECCIÓN CATÓDICA

A parte del uso de los recubrimientos, otra forma de protección de las superficies metálicas de los buques o de las estructuras marinas, es la protección catódica.

La protección catódica puede ser aplicada, en principio, a cualquier estructura metálica que esté en contacto con un electrolito. En la práctica, se utiliza en estructuras metálicas en las que la estructura esté enterrada bajo tierra o bien sumergida en el agua. Aunque también se utiliza por ejemplo en tuberías, sistemas de circulación de agua, etc.

La corrosión se produce debido a un proceso electroquímico, en las que las reacciones electroquímicas, tanto catódicas como anódicas suceden simultáneamente, como se ha visto en el capítulo 3. La función de la protección catódica es la de evitar que se produzcan dichas reacciones y se corroa el metal que forma la estructura o el casco del buque, y que en su lugar se contrarreste este efecto con el uso de ánodos de sacrificio o con corrientes impresas (los dos métodos de protección catódica utilizados).

Podemos definir la protección catódica, como “el método de reducir o eliminar la corrosión de un metal, haciendo que, la superficie de éste, funcione completamente como cátodo cuando se encuentra sumergido o enterrado en un electrolito”.

7.1.- Protección catódica mediante ánodos de sacrificio

Este tipo de protección catódica se basa en la aplicación de una protección pasiva, es decir, se coloca una pieza de un material más cargado electroquímicamente (potencial electroquímico más negativo) sobre la superficie a proteger que está en contacto con el electrolito.

Debido a la aplicación de dichos ánodos de sacrificio sobre la superficie del metal, cuando se inicia el proceso de corrosión y de acorde a lo explicado en el capítulo 3, en lugar de producirse la corrosión de la estructura se produce la corrosión del ánodo, al poseer este un potencial electroquímico más negativo. Es decir, se utilizan materiales con diferentes potenciales galvánicos para que la reacción de corrosión se produzca entre éstos y el electrolito, dejando al margen de la reacción de corrosión el metal a proteger.



Figura 7.1: Ánodo de sacrificio

Los tipos de ánodos de sacrificio más utilizados son los de aluminio o zinc. Los ánodos de sacrificio de aluminio tienen una mayor capacidad electroquímica, sin embargo, los ánodos de zinc tienen una mayor fiabilidad en casos de aplicación de protección catódica en sedimentos marinos o comportamientos internos con altas actividades bacteriales. También pueden utilizarse aleaciones de aluminio como ánodos de sacrificio, en función de las necesidades del sistema de protección.

7.1.1.- Protección en tanques y bodegas de carga en los buques

Si las superficies a proteger son los tanques y las bodegas de carga, hay que tener en consideración otras premisas importantes. Por ejemplo, no se pueden utilizar ánodos de sacrificio de magnesio en los tanques de lastre, debido a que generan hidrógeno durante su funcionamiento lo que puede provocar problemas en los recubrimientos aplicados en dichos tanques. Otro ejemplo es la restricción de

ánodos de aluminio en los buques petroleros, debido a su riesgo de provocar chispas si se caen desde cierta altura debido a un golpe o a una mala sujeción del mismo.

La protección de dichas zonas se efectúa por lo tanto con ánodos de sacrificio de zinc y aluminio o similares.

Como hemos mencionado anteriormente, a parte de la protección debida al cambio en el potencial electroquímico, protegen también forzando la reacción a ocurrir en el metal. La reacción catódica produce una reacción que reduce los niveles de agua y oxígeno generando iones alcalinos de hidroxilo. La producción de depósitos calcáreos inicialmente mejora el efecto de protección en este caso.

Uno de los principales problemas que nos encontramos en los tanques es que lo ánodos no son capaces de efectuar su función si éstos no están llenos, por lo que su efectividad se ve reducida (esto implica un 60% del tiempo total).

Otro inconveniente que aparece es que el acero se corroe de forma más rápida cuando se encuentra entre el líquido y el aire que si se encontrara totalmente sumergido.

La solución a esto es el efecto indirecto que se produce, antes de que el tanque se seque por completo, debido a que los iones de hidroxilo mantienen a la superficie pasiva y los depósitos calcáreos actúan como una barrera para el oxígeno, evitando así los procesos de corrosión que se ocasionarían en circunstancias normales.

Entonces, podemos decir que la eficacia de estos sistemas está ligada a la condición de los ánodos de sacrificio y a la producción y condición de los depósitos calcáreos que se forman.



Figura 7.2: Ánodo de sacrificio ubicado en los tanques de lastre

Ya que si se producen situaciones de sobrecarga de los ánodos, o éstos no trabajan en las condiciones y localizaciones idóneas pueden ocasionar diferentes problemas, tanto en los ánodos como en los tanques.

Si por ejemplo, el posicionamiento de los ánodos de sacrificio no es el correcto, se puede llegar a provocar serias abrasiones en los recubrimientos de las estructuras a proteger, así como en sus alrededores, como pueden ser los refuerzos estructurales,

sistemas de tuberías, tanques de lastre, etc. Como puede observarse en la siguiente fotografía.



Figura 7.3: Corrosión producida por una mala colocación del ánodo de sacrificio

Y si los recubrimientos aplicados en la estructura empiezan a fallar y se forman depósitos calcáreos en las paredes del tanque, el estado en el que se puede encontrar el tanque puede ser tal que el siguiente.



Figura 7.4: Corrosión en las paredes del tanque

7.2.- Protección catódica mediante el uso de corriente impresa

Otro sistema que se puede utilizar en el exterior del casco del buque, para su protección, es el sistema de corriente impresa de protección catódica (ICCP: Impressed Current Cathodic Protection).

Este tipo de sistema tiene la ventaja de que detecta de forma automática el potencial eléctrico en la interfase casco/agua de mar y regula la corriente en los ánodos.

A diferencia de los ánodos de sacrificio, el ICCP utiliza en detrimento de los ánodos consumibles un ánodo de material no consumible, como puede ser titanio con un recubrimiento de óxido de metales mixtos. Además cuenta con electrodos de referencia en la proa y popa del casco del buque, que permiten la monitorización de la polarización del voltaje producido en el casco y que permite así regular la corriente impresa en los ánodos. Las lecturas recogidas por los electrodos de referencia son recogidas por el panel de control que ajusta de manera automática la corriente del circuito.

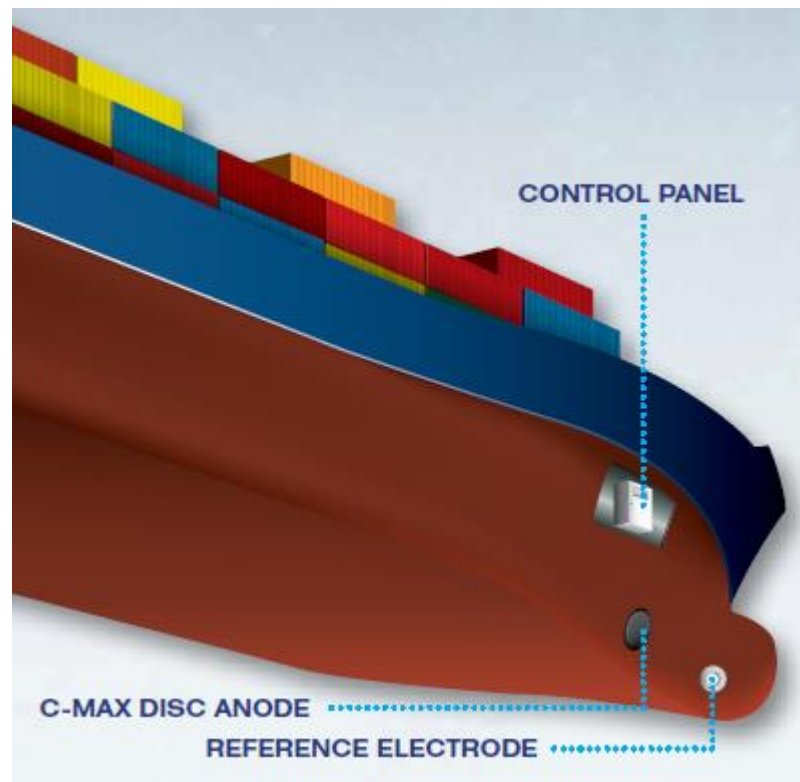


Figura 7.5: Ubicación sistema ICCP

Es importante que las áreas que rodean los ánodos tengan una aplicación mayor de pintura, evitando así o al menos reduciendo los problemas de abrasión que se pueden ocasionar en estas zonas.



Figura 7.6: Problemas de abrasión en las zonas contiguas al ánodo

Debido a que los electrodos de referencia en este tipo de sistemas son capaces de atraer de forma localizada elevadas corrientes, con la consiguiente producción de oxígeno, hidrógeno y cloro en el caso de que el sistema no funcione de forma idónea, su uso en tanques y bodegas queda totalmente vetado.

7.3.- Ventajas y desventajas de los sistemas de protección catódica

7.3.1.- Ánodos de sacrificio

1. Ventajas:

- Sistema simple y fiable
- No tiene necesidad de una monitorización del funcionamiento del sistema
- Su instalación es simple
- Su coste de instalación es reducido

2. Desventajas:

- Elevado peso
- Su respuesta a variaciones en las condiciones de protección es limitada
- Las cargas hidrodinámicas derivadas de su uso pueden ser elevadas

7.3.2.- Sistema ICCP

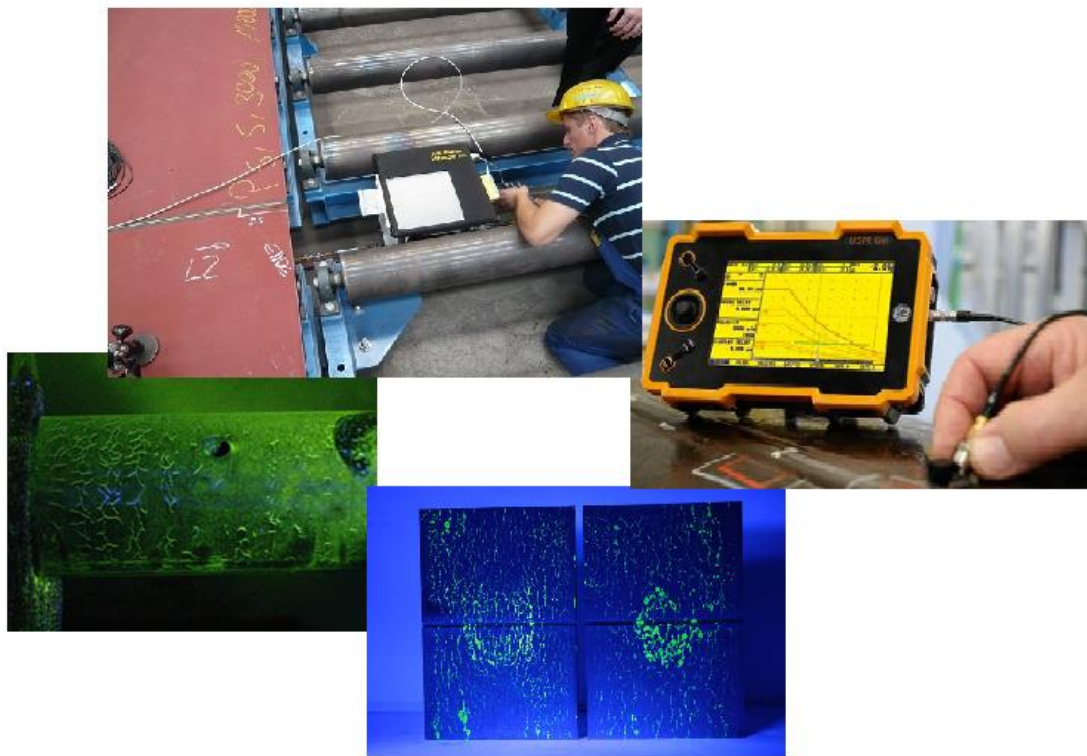
1. Ventajas:

- Elevada flexibilidad ante las variaciones de las condiciones de operatividad
- Reducción de peso para sistemas en grandes buques
- Reducido coste de vida operacional

2. Desventajas:

- Complejidad mayor que en los sistemas con ánodos de sacrificio, lo que implica una mayor demanda en el diseño del sistema
- Se requiere de una monitorización del funcionamiento del sistema
- Vulnerabilidad frente a un fallo de algún componente del sistema o frente a la pérdida de energía

TEMA 8: TÉCNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y PRINCIPALES ZONAS A INSPECCIONAR



8.- TÉCNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y PRINCIPALES ZONAS A INSPECCIONAR

Una vez definidas las distintas formas que hay de proteger la estructura y el casco de los buques, el siguiente paso a realizar es la inspección de su estado y condición.

Al tratarse de construcciones en las que no se debería alterar el estado de la estructura o el casco para su inspección, se utilizan técnicas de inspección no destructivas. Es decir, la utilización de dichas técnicas no influye en el estado de la superficie a inspeccionar.

A continuación vamos a analizar las principales técnicas de ensayos no destructivos y las principales zonas a inspeccionar de los tipos de buques.

8.1.- Tipos de técnicas de ensayos no destructivos

Las técnicas que se utilizan para la inspección de las condiciones de la estructura y el casco sin que dañe la superficie son, principalmente, las inspecciones visuales, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografías y ultrasonidos.

El primer paso es realizar una inspección visual que nos permite detectar los defectos superficiales, en las zonas del casco o de la estructura que suelen tener problemas o bien, en las zonas donde se acumulan altas tensiones.

El problema de las inspecciones visuales es que solo nos permite realizar un análisis de la superficie, es decir, todas las posibles fisuras internas, fallos en los procedimientos de soldadura, o incluso defectos superficiales que no son apreciables mediante inspecciones visuales. Por ello se requiere el uso de técnicas que nos permitan analizar de manera más detallada y precisa las condiciones en las que se encuentra la estructura.

Para realizar dichas inspecciones, y tener un conocimiento del estado en el que se encuentra la estructura o el casco, se utilizan los siguientes tipos de ensayos no destructivos.

8.1.1.- Ensayo por partículas magnéticas

Este tipo de ensayo se basa en la aplicación de partículas magnéticas sobre la superficie a examinar. Una vez esparcidas sobre la superficie, se procede a la magnetización del material. Dando lugar a una acumulación de las partículas en las zonas donde hay fisuras o discontinuidades en las soldaduras, debido a las perturbaciones producidas en las líneas del campo magnético. Es decir, el ensayo por partículas magnéticas nos permite detectar fisuras y discontinuidades superficiales y subsuperficiales.

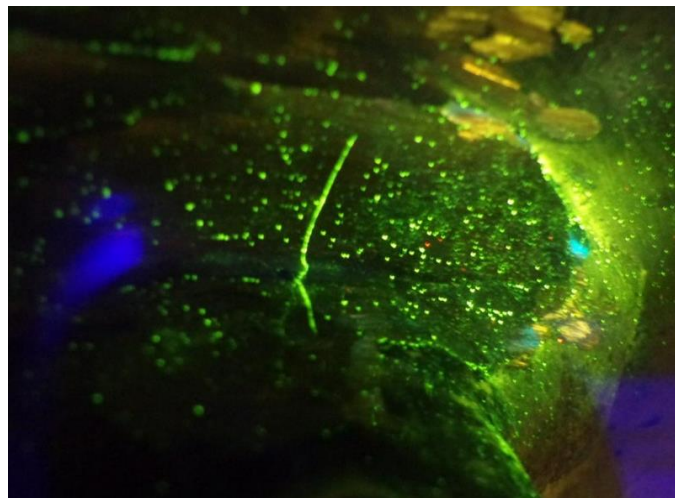


Figura 8.1: Ensayo por partículas magnéticas

Las principales ventajas de este tipo de ensayo no destructivo son:

- Es un ensayo simple de realizar
- Tiene un coste relativamente bajo
- Permite controlar la sensibilidad del ensayo

Mientras que las desventajas que ofrece, son:

- Aplicable a materiales ferromagnéticos
- Requiere de una correcta interpretación para el análisis de las discontinuidades o fisuras
- Su uso es complicado en superficies rugosas

8.1.2.- Ensayo por líquidos penetrantes

El ensayo por líquidos penetrantes permite la detección de las discontinuidades superficiales. Su procedimiento se basa en la aplicación de un líquido que penetra por capilaridad en la superficie del material a analizar, en las zonas en las que hay discontinuidades. Una vez limpiada la superficie del material, el líquido que queda retenido en él, exuda, permitiendo la detección de forma visual de los defectos en la superficie.

Se utilizan principalmente dos tipos de líquidos penetrantes:

- Líquidos penetrantes fluorescentes, que tienen un colorante que reacciona bajo la luz ultravioleta o luz negra
- Líquidos penetrantes no fluorescentes, que al contrario que los anteriores, tienen un alto contraste con la luz blanca debido a los colorantes que los componen

Los líquidos utilizados en estos ensayos deben tener las siguientes propiedades:

- Alta capacidad de penetración
- Habilidad para permanecer en aberturas amplias
- Capacidad de conservación del color y la fluorescencia
- Habilidad de extenderse en capas muy finas

- Resistencia a la evaporación
- Fácil de limpiar en la superficie, una vez aplicado
- De difícil eliminación una vez dentro de la discontinuidad
- De fácil absorción de la discontinuidad
- No tóxico, incoloro, no corrosivo, antiinflamable y estable bajo condiciones de almacenamiento

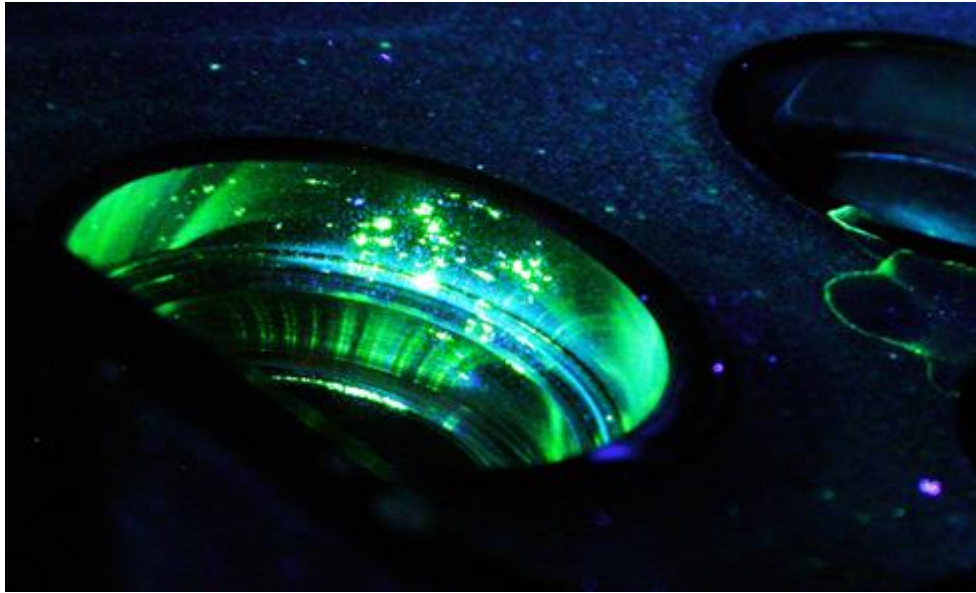


Figura 8.2: Ensayo por líquidos penetrantes

La principal ventaja de este tipo de ensayo es que es permanente, es decir, si no se remueve el líquido del interior el defecto será visible. Mientras que las desventajas que ofrece son:

- Elevado coste
- Requiere de elevada experiencia para garantizar resultados
- Necesidad de aplicación de medidas de seguridad

8.1.3.- Ensayo por ultrasonidos

Se basa en la utilización de pulsos ultrasónicos que se reflejan en cualquier superficie que encuentran a su paso. El emisor de ultrasonidos emite las ondas ultrasónicas que avanzan a través de la superficie a analizar, si se encuentra con una fisura o discontinuidad, produce un eco que es recogido por el osciloscopio, lo que nos permite ver los defectos en el material.

En el caso de que no hubiera ninguna fisura o discontinuidad en el elemento a analizar, la onda atravesaría completamente el elemento y el osciloscopio no recogería señal alguna.



Figura 8.3: Medidor de ultrasonidos

Las ventajas de este método son:

- Permite el análisis en juntas de unión
- Es un método muy sensitivo, que permite la detección de defectos en pequeña escala

Las desventajas que ofrece son:

- Requiere de un elevado nivel de entrenamiento y experiencia para su correcta interpretación
- No permite un registro permanente de los defectos

8.1.4.- Ensayo no destructivo mediante rayos X o gamma

La inspección mediante el uso de rayos X o rayos gamma, se basa en obtener una imagen de la zona o área a inspeccionar mediante la emisión de dichos rayos. Cualquier tipo de defecto que pudiera haber en la zona inspeccionada se verá reflejado en la placa de la radiografía.

La mayor ventaja que ofrece este tipo de ensayo no destructivo es el registro permanente de los análisis realizados, ya que al quedarse todo reflejado en la placa de la radiografía, se puede utilizar para futuras inspecciones o informes.

Además tiene un uso bastante notorio en la inspección de uniones soldadas, lo que lo hace uno de los métodos más utilizados en este sector.

Sin embargo presenta algunas desventajas, como son:

- Elevado coste
- Condiciones de seguridad necesarias
- Elevada instrucción requerida para su correcta interpretación
- No se puede utilizar en soldaduras en ángulo



Figura 8.4: Máquina de rayos X

8.2.- Principales lugares de inspección

A continuación vamos a nombrar las distintas zonas, en función del tipo de buque, en las que se pueden ocasionar los fallos estructurales.

Para ello vamos a analizar los distintos tipos de buque: graneleros, petroleros, porta-contenedores y buques de carga general.

En cada uno de ellos vamos a subdividir la estructura del barco en distintas zonas, y dentro de cada zona vamos a nombrar los elementos o componentes que deben tenerse en consideración a la hora de posibles fallos estructurales.

8.2.1.- Graneleros

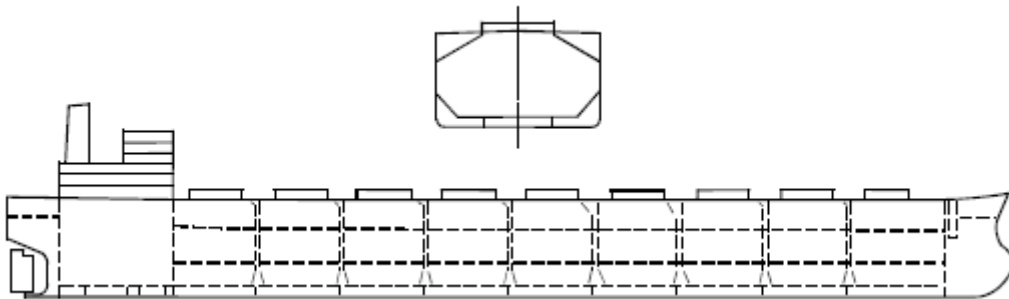


Figura 8.5: Buque granelero

1. Zona de carga

- Estructura de cubierta

- Estructura de las compuertas de carga
- Zona de unión entre planchas de mayor y menor espesor en la zona de cubierta
- Refuerzos longitudinales
- Escotillas de acceso
- Planchas adyacentes a las bitas de remolque
- Zonas adyacentes a los aligeramientos de la eslora de cubierta
- Zonas adyacentes a los raíles de las compuertas de carga

- Estructura de la unión cubierta-costado
 - Áreas adyacentes a los aligeramientos sin reforzar
 - Consolas de refuerzo
 - Refuerzos transversales
 - Refuerzos longitudinales
 - Zonas adyacentes al mamparo de colisión
 - Zonas adyacentes al mamparo de la Cámara de Máquinas

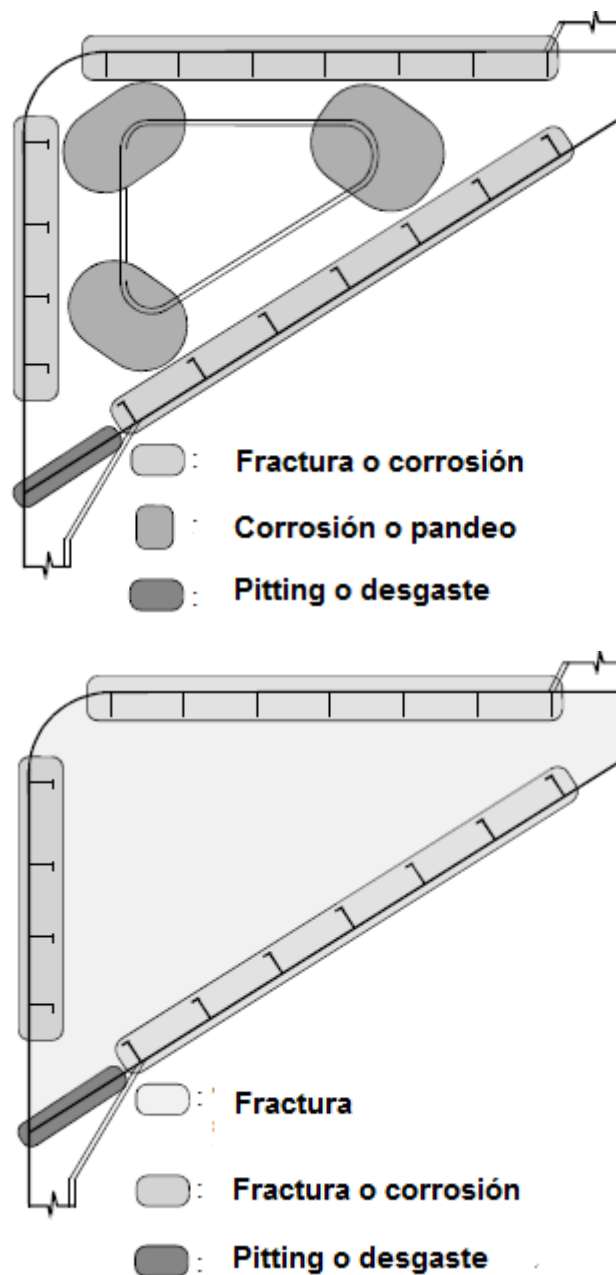


Figura 8.6: Estructura de unión costado-cubierta

- Estructura del costado
 - Planchas de costado
 - Unión entre la estructura de cubierta o de fondo y la estructura lateral
 - Planchas cercanas al mamparo de colisión
 - Planchas cercanas al mamparo de Cámara de Máquinas

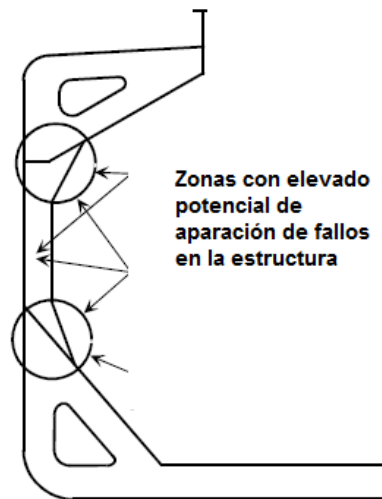


Figura 8.7: Estructura de costado

- Mamparos transversales
 - Uniones soldadas entre los mamparos y la estructura del buque
 - Zonas adyacentes a los límites de la estructura lateral
 - Mamparos corrugados
 - Consolas de refuerzo

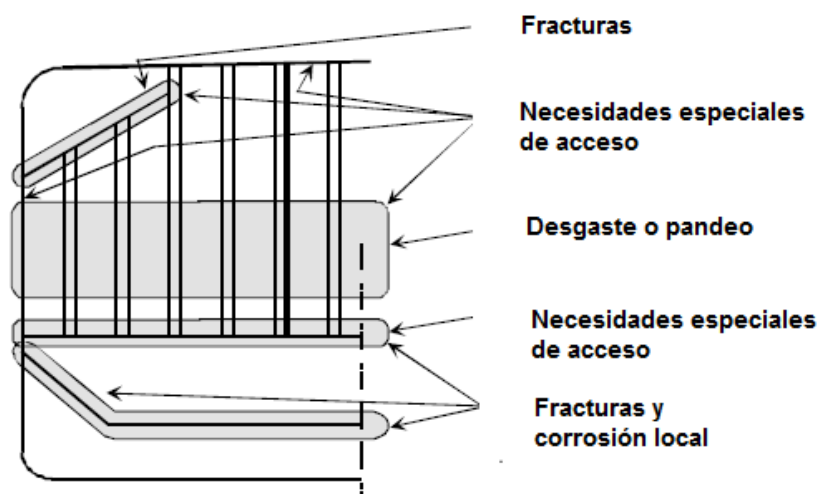


Figura 8.8: Mamparo transversal

- Doble fondo
 - Planchas en el fondo de la zona de carga
 - Zonas adyacentes a los aligeramientos en la eslora
 - Uniones soldadas
 - Intersecciones entre refuerzos
 - Unión entre el fondo y los mamparos
 - Planchas del doble fondo situadas a proa del buque debido a daños causado por el slamming
 - Planchas adyacentes a la quilla

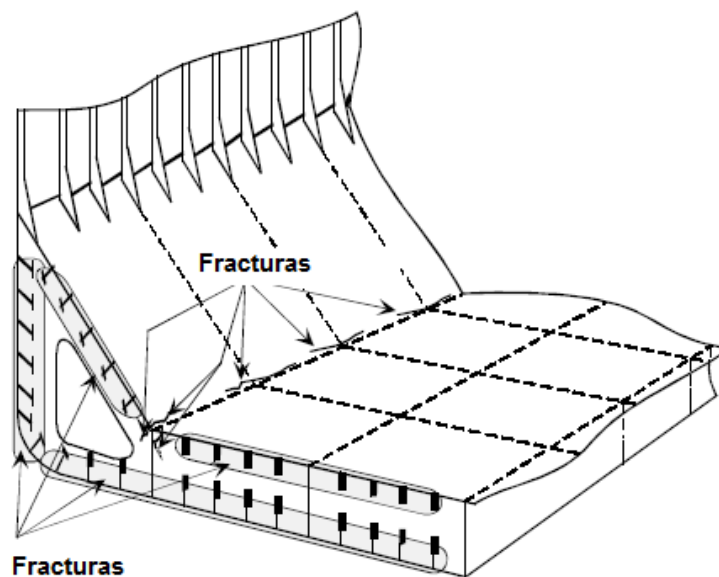


Figura 8.9: Estructura del doble fondo

2. Zonas de proa y popa

- Zona de proa
 - Planchas de cubierta
 - Planchas adyacentes al rompeolas
 - Planchas y refuerzos de la zona de la caja de cadenas
 - Zona del castillo de proa
 - Unión de refuerzos

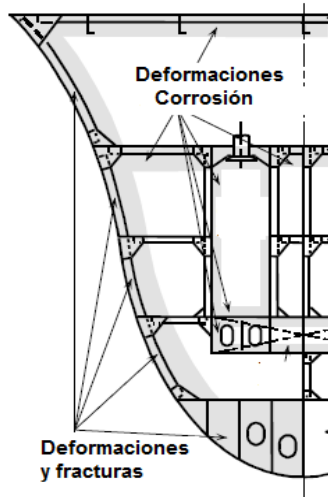


Figura 8.10: Estructura del pique de proa

- Zona de popa
 - Mamparo de la zona del timón
 - Uniones de las planchas con los refuerzos
 - Zona de paso del timón a través del casco
 - Planchas adyacentes a la maquinaria del timón

- Zona del timón y de la hélice
 - Zona del pinzote del timón
 - Zona de la zapata del codaste
 - Acople del timón con la mecha
 - Zona de la bocina de la hélice

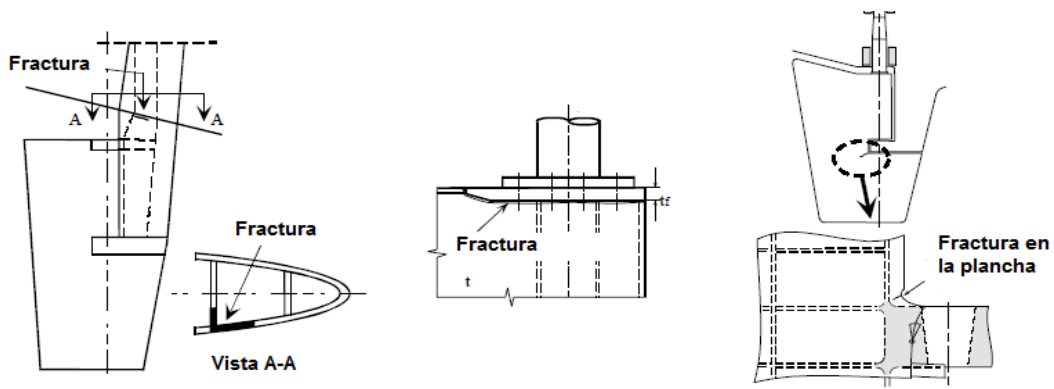


Figura 8.11: Timón

3. Cámara de máquinas y zona de alojamiento

- Zona de Cámara de Máquinas
 - Planchas contiguas a los tanques de almacenamiento
 - Tubos y tuberías que atraviesan las planchas o mamparos
 - Base estructural de los motores principales
- Zona de alojamiento
 - Problemas de corrosión en toda la zona de alojamiento y en las cubiertas de la superestructura

8.2.2.- Portacontenedores

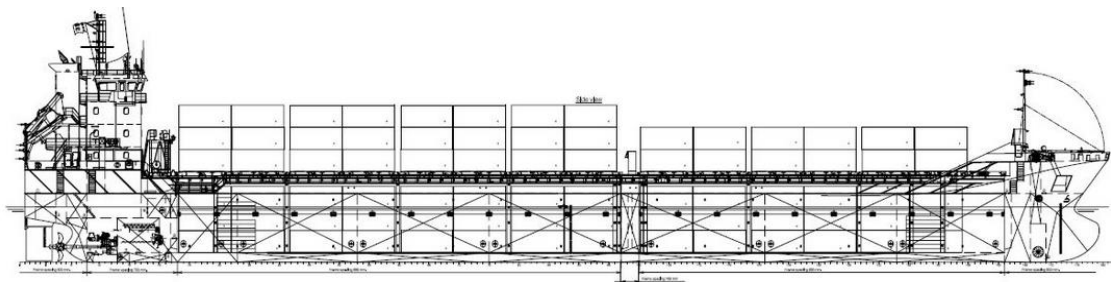


Figura 8.12: Buque portacontenedores

1. Zona de carga

- Estructura de cubierta
 - Refuerzos transversales de cubierta y sus planchas asociadas
 - Esquinas de las bodegas de carga
 - Unión de planchas de distinto espesor en la cubierta
 - Eslora de cubierta y sus uniones
 - Consolas de refuerzo
 - Zonas de acceso y aligeramientos
 - Raíles de las compuertas de bodega
 - Refuerzos longitudinales
 - Base estructural de las grúas, en caso de tenerlas

- Estructura de costado
 - Planchas de costado y su unión a las consolas de refuerzo
 - Uniones de los refuerzos longitudinales con las planchas de costado
 - Zonas de acceso y paso entre cubiertas
 - Zonas de cruce de refuerzos
 - Unión de refuerzos con los mamparos transversales y las planchas de costado
 - Zonas límite de las cubiertas
 - Zonas de anclaje para los contenedores

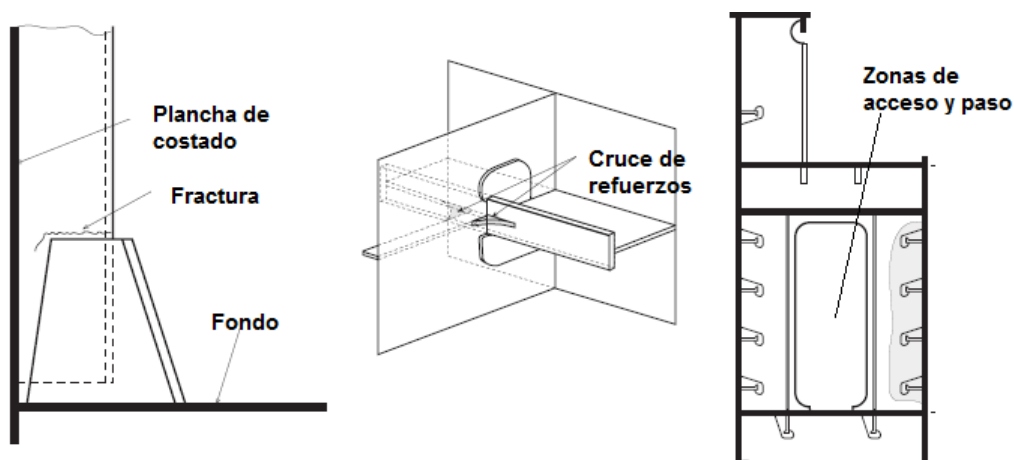


Figura 8.13: Ejemplos zonas a inspeccionar en la estructura de costado

- Mamparos transversales
 - Planchas de fondo
 - Mamparos
 - Aperturas para el paso de refuerzos longitudinales
 - Aperturas para zonas de acceso y paso

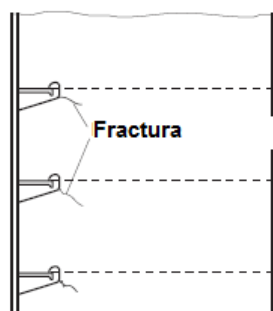


Figura 8.14: Aperturas para el paso de refuerzos a través de los mamparos

- Doble fondo
 - Zonas adyacentes a los anclajes de los contenedores al fondo
 - Zonas adyacentes a los aligeramientos en el fondo y la eslora
 - Uniones de los refuerzos del fondo con los de costado
 - Zonas contiguas a los orificios de drenaje
 - Planchas de fondo
 - Tubos y tuberías que atraviesan las planchas de fondo
 - Zonas límite de la quilla de balance

2. Zonas de proa y popa

- Zona de proa
 - Planchas de cubierta
 - Planchas adyacentes al rompeolas
 - Planchas y refuerzos de la zona de la caja de cadenas
 - Zona del castillo de proa
 - Unión de refuerzos
- Zona de popa
 - Mamparo de la zona del timón
 - Uniones de las planchas con los refuerzos
 - Zona de paso del timón a través del casco
 - Planchas adyacentes a la maquinaria del timón
- Zona del timón y de la hélice
 - Zona del pinzote del timón
 - Zona de la zapata del codaste
 - Acople del timón con la mecha
 - Zona de la bocina de la hélice

3. Cámara de máquinas y zona de alojamiento

- Zona de Cámara de Máquinas

- Planchas contiguas a los tanques de almacenamiento
- Tubos y tuberías que atraviesan las planchas o mamparos
- Base estructural de los motores principales

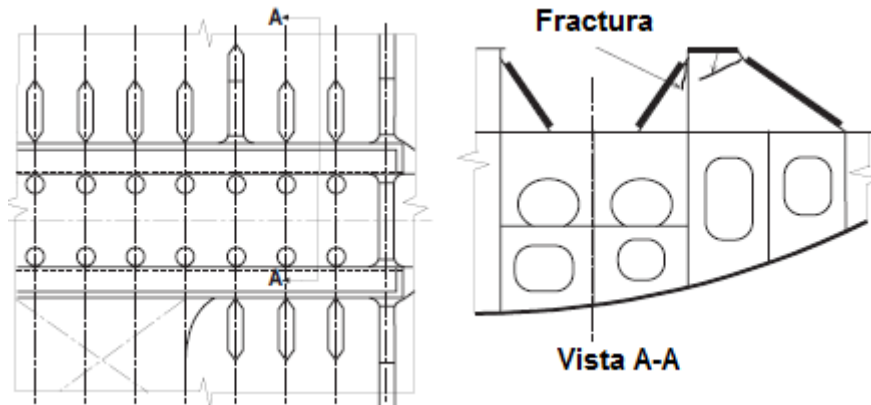


Figura 8.15: Base estructural de los motores principales en la CM

- Zona de alojamiento

- Problemas de corrosión en toda la zona de alojamiento y en las cubiertas de la superestructura



Figura 8.16: Problemas de corrosión en la zona de alojamiento

8.2.3.- Petroleros

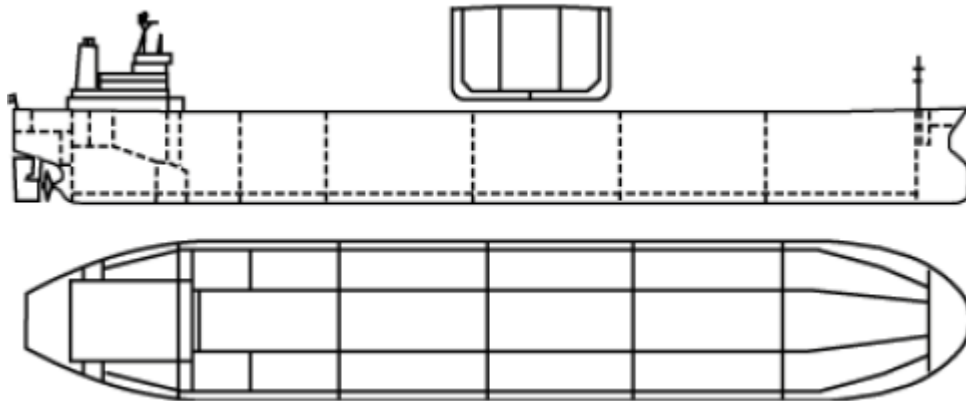


Figura 8.17: Buque petrolero

1. Zona de carga

- Zona del pantoque

- Plancha de unión entre el fondo y los refuerzos
- Unión entre el pantoque y el fondo
- Unión entre las esloras del buque y la plancha del fondo
- Plancha del pantoque
- Refuerzos y sus uniones en las zonas de pantoque

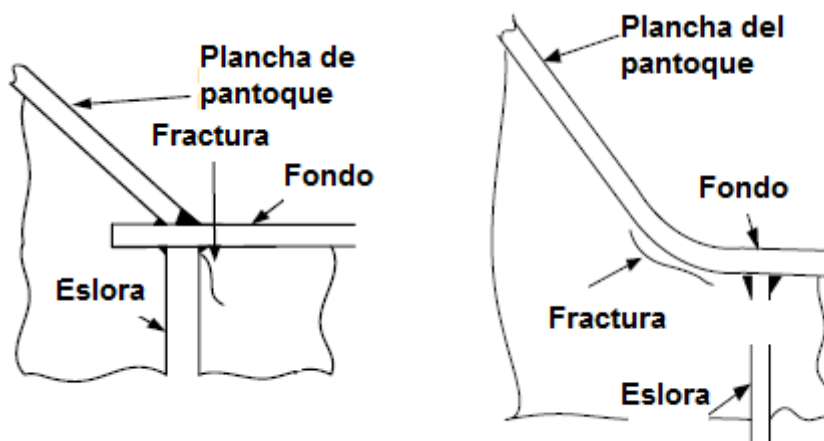


Figura 8.18: Zona de unión del pantoque con el fondo

- Tanques de lastre laterales
 - Unión de longitudinales y elementos transversales
 - Agujeros de paso de refuerzos
 - Paneles adyacentes a aligeramientos o aperturas
 - Uniones con consolas y refuerzos

- Tanques de lastre en el fondo
 - Unión de longitudinales con los pisos estancos
 - Conexión de los refuerzos con las planchas de fondo
 - Conexión de mamparos transversales con el fondo
 - Paneles adyacentes a las aperturas o aligeramientos en las esloras
 - Aligeramientos para el paso de refuerzos

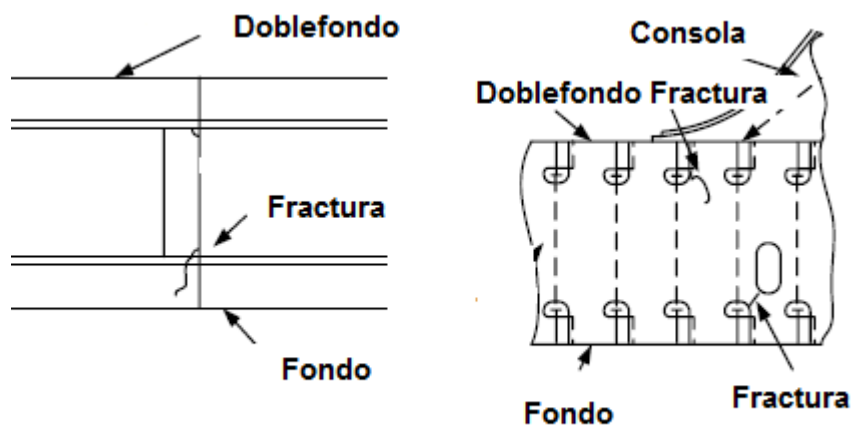


Figura 8.19: Ejemplos de rotura en la zona entre el fondo y el doblefondo

- Mamparos transversales
 - Conexión de los mamparos con la estructura del buque
 - Planchas adyacentes a los aligeramientos
 - Unión de los mamparos con la cubierta y el fondo
 - Mamparos corrugados

2. Estructura de cubierta

- Planchas adyacentes a las bitas de remolque
- Zonas límite de la cubierta en el sentido transversal
- Esloras bajo cubierta
- Zonas contiguas a la estructura de apoyo de las grúas
- Planchas adyacentes a las tuberías de cubierta

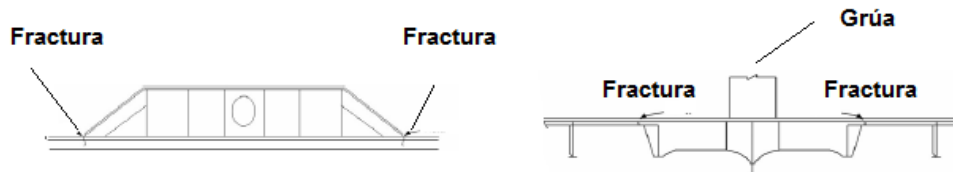


Figura 8.20: Estructura de apoyo para las grúas

3. Zonas de proa y popa

- Zona de proa
 - Planchas de cubierta
 - Planchas adyacentes al rompeolas
 - Planchas y refuerzos de la zona de la caja de cadenas
 - Zona del castillo de proa
 - Unión de refuerzos
- Zona de popa
 - Mamparo de la zona del timón
 - Uniones de las planchas con los refuerzos
 - Zona de paso del timón a través del casco
 - Planchas adyacentes a la maquinaria del timón
- Zona del timón y de la hélice
 - Zona del pinzote del timón
 - Zona de la zapata del codaste
 - Acople del timón con la mecha
 - Zona de la bocina de la hélice

4. Cámara de máquinas y zona de alojamiento

- Zona de Cámara de Máquinas

- Planchas contiguas a los tanques de almacenamiento
- Tubos y tuberías que atraviesan las planchas o mamparos
- Base estructural de los motores principales

- Zona de alojamiento

- Problemas de corrosión en toda la zona de alojamiento y en las cubiertas de la superestructura

8.2.4.- Buques de carga general

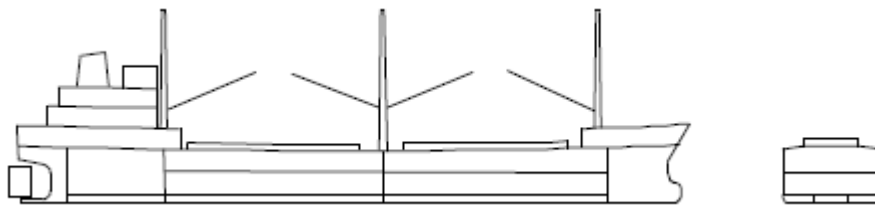


Figura 8.21: Buque de carga general

1. Zona de carga

- Estructura de cubierta superior

- Planchas asociadas a los refuerzos transversales
- Esquinas límite de las zonas de carga
- Unión entre planchas de distinto espesor
- Refuerzos transversales bajo cubierta
- Unión con las consolas de refuerzo
- Zonas límite de los raíles
- Zonas adyacentes a las escotillas
- Zonas adyacentes a las superficies de apoyo para grúas

-

- Estructura de costado
 - Unión del costado con los refuerzos inferiores del pantoque
 - Zonas adyacentes a los tanques superiores
 - Zonas entre bodegas de carga
 - Refuerzos próximos al mamparo de colisión, así como sus planchas asociadas
 - Refuerzos al fondo de los tanques de carga

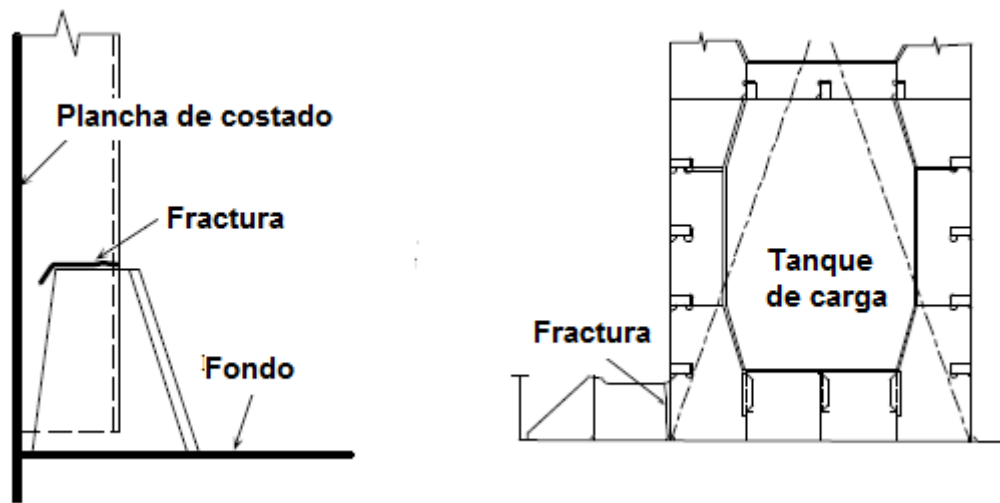


Figura 8.22: Ejemplos de fractura en la estructura de costado

- Mamparos transversales
 - Zonas de unión del fondo de las bodegas de carga con el mamparo
 - Mamparos transversales
- Cubierta doble
- Doble fondo
 - Zonas adyacentes a los apoyos y soportes de los contenedores
 - Planchas adyacentes a los pilares
 - Uniones de longitudinales con las planchas de fondo
 - Agujeros o aligeramientos en la estructura
 - Zonas adyacentes a los agujeros de drenaje
 - Planchas asociadas a las esloras

2. Zonas de proa y popa

- Zona de proa
 - Planchas de cubierta
 - Planchas adyacentes al rompeolas
 - Planchas y refuerzos de la zona de la caja de cadenas
 - Zona del castillo de proa
 - Unión de refuerzos
- Zona de popa
 - Mamparo de la zona del timón
 - Uniones de las planchas con los refuerzos
 - Zona de paso del timón a través del casco
 - Planchas adyacentes a la maquinaria del timón
- Zona del timón y de la hélice
 - Zona del pinzote del timón
 - Zona de la zapata del codaste
 - Acople del timón con la mecha
 - Zona de la bocina de la hélice

3. Cámara de máquinas y zona de alojamiento

- Zona de Cámara de Máquinas
 - Planchas contiguas a los tanques de almacenamiento
 - Tubos y tuberías que atraviesan las planchas o mamparos
 - Base estructural de los motores principales
- Zona de alojamiento
 - Problemas de corrosión en toda la zona de alojamiento y en las cubiertas de la superestructura

TEMA 9: MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN



9.- MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

El objetivo del mantenimiento es la prevención de la degradación de la estructura y del casco para asegurar su funcionalidad y operabilidad, así como para evitar posibles fallos o accidentes.

El mantenimiento de la estructura del buque y el casco del mismo, están ligados a los métodos de protección listados en los capítulos anteriores, la protección mediante el uso de recubrimientos y el uso de protección catódica. Por lo que para asegurar un correcto mantenimiento de la estructura y el casco se debe asegurar que tanto los recubrimientos como los métodos de protección catódica estén en sus óptimas condiciones de funcionamiento.

Además de asegurarse de cambiar y reparar los elementos estructurales necesarios en caso de que se vean degradados o que aparezcan en ellos fisuras o grietas.

El mantenimiento óptimo del buque debe basarse en los siguientes conceptos y puntos a seguir:

- Mantener las propiedades estructurales y las condiciones de protección medioambiental del buque a lo largo de su vida útil
- Mantener la funcionalidad y eficacia del sistema de lucha contra la corrosión (recubrimientos y sistemas de protección catódica)
- Mantener en las condiciones óptimas de funcionamiento los recubrimientos antifouling del casco
- Mantener los requisitos establecidos de seguridad de las Sociedades de Clasificación
- Ejecutar un mantenimiento que implique los menores costes posibles y reducir al máximo los tiempos de parada del buque para reparaciones y mantenimientos

Para los buques de nueva construcción y durante sus primeros cinco años de vida, con la realización de las tareas de mantenimiento y reparación indicadas por las Sociedades de Clasificación, se puede considerar que se realiza un mantenimiento de acorde con las necesidades del buque. Sin embargo, para buques con más de cinco años, el seguir el programa de mantenimiento y reparación impuesto por las S.S.C.C. a veces no es suficiente, por lo que se recomienda seguir las siguientes indicaciones:

- Desarrollar e implementar un programa de repintado de los recubrimientos antes de que se produzca el fallo o se llegue al límite de desgaste, basado en el concepto de "justo a tiempo" o como se denomina en inglés "just in time".
- Desarrollar e implementar un programa de pintado de las zonas que no poseen inicialmente recubrimientos, antes de que se produzca el fallo o se llegue al límite de desgaste del metal.
- Desarrollar e implementar un programa de mantenimiento de los sistemas de protección catódica
- Implementar un programa de inspecciones estructurales y de vigilancia

9.1.- Reparaciones del acero

Las reparaciones del acero pueden englobar distintos casos, como pueden ser la reparación de fisuras mediante el parcheo de superficies, como la reparación de soldaduras que han fallado, redondear los extremos de grietas que se han formado, etc. Aunque la mayoría de las reparaciones que se pueden realizar durante el mantenimiento en alta mar, son de carácter temporal, por lo que su reparación debería retomarse cuando el buque se encuentre en dique seco y se pueda trabajar en unas condiciones óptimas para su reparación, además de disponer de todo el material y herramental necesario para ello.

9.1.1.- Reemplazar la estructura dañada

Hay dos formas principales a la hora de efectuar el reemplazamiento de la estructura dañada:

- Reemplazar dicha estructura con el mismo escantillonado
- Reemplazar la estructura por otra con un escantillonado inferior pero con la adición de refuerzos que permitan tener la misma resistencia estructural que la pieza inicial.

A la hora de realizar la sustitución del material se debe compensar tanto la integridad estructural del conjunto como el desgaste local, siguiendo los criterios de recomendación que se exponen a continuación y asegurando la continuidad estructural en el buque.

La siguiente tabla muestra los criterios a seguir para asegurar la resistencia local de los distintos componentes estructurales en los que podemos realizar un reemplazamiento del acero que se haya dañado o estén en proceso de corrosión.

Nomenclatura utilizada en la tabla:

t = espesor de la estructura después de la corrosión

s = espaciado de refuerzos longitudinales

h = longitud del alma de los refuerzos longitudinales

b = mitad del ancho o del ala de las secciones simétricas, o su totalidad en secciones asimétricas

X = reducción del espesor máxima permitida antes de una evaluación adicional

Y = reducción del espesor máxima permitida antes de su renovación

CRITERIOS PARA LA RESISTENCIA LOCAL DE LOS DISTINTOS COMPONENTES ESTRUCTURALES				
COMPONENTE ESTRUCTURAL	% Pérdida por corrosión		Pandeo de la estructura longitudinal	
	X	Y	Acero dulce	HTS 36
Planchas de cubierta y fondo y esloras	10	25	s/t = 55 - 60	s/t = 49 - 52
Alma de los longitudinales de fondo y cubierta	15	30	h/t = 50 - 65	h/t = 45 - 55
Plancha asociada a los longitudinales de cubierta y fondo	10	25	h/t = 15 - 20	h/t = 15 - 17
Alas de los longitudinales y esloras	15	25	b/t = 10	b/t = 10
Planchas de costado	-	20	-	-
Planchas longitudinales de los mamparos	15	25	s/t = 70 - 75	s/t = 60 - 79
Alma de los longitudinales de costado y de los mamparos	-	25	-	-
Estructura transversal de los mamparos y refuerzos transversales	15	25	-	-
Estructura secundaria restante	-	30	-	-

Tabla 9.1: Criterios para la resistencia local de los componentes estructurales

9.1.2.- Reforzar la estructura

La estructura se puede reforzar de dos formas:

- Instalación de una doble plancha
- Instalación de elementos estructurales intermedios que permitan recobrar la resistencia estructural inicial

9.1.3.- Reparación de grietas

Las grietas son los defectos más preocupantes, ya que pueden crecer de forma muy rápida y a gran escala, provocando el fallo prematuro de la estructura. Una grieta en un elemento aislado puede afectar a la zona en la que está ubicado, provocando que las tensiones que soporta se vean incrementadas, hasta el punto de provocar el fallo de toda la estructura.

Las grietas en los elementos primarios de la estructura se pueden reparar temporalmente mediante la adición de una plancha o bien mediante el recorte de la grieta y su posterior soldadura. Mientras que en los elementos secundarios de la estructura basta con la realización de un agujero en el extremo de la grieta para que ésta no avance más.

Las principales estrategias utilizadas para la reparación de grietas son:

- Soldar de nuevo las grietas o fracturas en la estructura original
- Reemplazar la plancha agrietada
- Modificar el diseño añadiendo un refuerzo estructural
- Cambiar la configuración estructural, como por ejemplo incrementando el radio, aumentando el tamaño de los orificios de drenaje, variar los recortes, etc.
- Mejorar el escantillado o el espesor

9.1.4.- Reparaciones en función del tipo de buque

En el capítulo anterior vimos las distintas zonas a inspeccionar en función del tipo de buque, en este apartado vamos a proceder a ver los distintos tipos de fallos que pueden ocasionarse en dichas zonas y sus procedimientos de reparación.

Para ello vamos a utilizar ejemplos sacados de documentos oficiales de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (I.A.C.S.) que se pueden ver en los Anexos 1, 2, 3, 4 y 5:

- Ejemplos de reparación en las zonas de carga de buques graneleros (Anexo 1)
- Ejemplos de reparación en las zonas de carga de buques portacontenedores (Anexo 2)
- Ejemplos de reparación en las zonas de carga de buques petroleros (Anexo 3)
- Ejemplos de reparación en las zonas de carga de buques de carga general (Anexo 4)
- Ejemplos de reparación en zonas de proa y popa, zona del timón y de la hélice y zona de alojamiento y Cámara de Máquinas (Anexo 5)

9.2.- Mantenimiento de la estructura contra la corrosión

El principal problema que afecta al deterioro de la estructura durante el paso de los años es la falta de mantenimiento de los sistemas anticorrosivos instalados en el buque, sobretodo en zonas críticas como pueden ser los tanques de lastre. A medida que los años pasan los recubrimientos aplicados durante la construcción del buque se van deteriorando y si no se realiza un correcto mantenimiento de los mismos, pasados entre unos cinco y diez años éstos perderán sus cualidades protectoras dejando a la estructura desprotegida contra la corrosión.

Si esto ocurriera no sería solamente necesaria la aplicación de nuevos recubrimientos, sino que se debería poner en práctica una renovación del acero de las zonas o áreas corroídas, con su respectivo coste y pérdida de tiempo en su reparación.

Además de la conservación y control del estado de los recubrimientos es también de vital importancia controlar el estado de otros métodos de protección contra la corrosión, como puede ser el estado de los ánodos de sacrificio instalados, la funcionalidad del sistema de corriente impresa en el casco, etc.

9.2.1.- Conservación del recubrimiento

Si se consigue mantener en condiciones óptimas el recubrimiento aplicado durante la construcción, teniendo en cuenta los procesos de repintado necesarios, la estructura del buque puede llegar a durar 25 años sin la necesidad de que se efectúen renovaciones en el acero debido a la corrosión.

Si, en cambio, no se efectúa un correcto mantenimiento de los mismos el tiempo en el que se estima un estado aceptable de la estructura sin la necesidad de efectuar en ella renovaciones del acero, es de aproximadamente unos 15 años.

Para la ejecución de las labores de mantenimiento se efectuará la inspección del estado del recubrimiento en función del plan de mantenimiento estipulado. Y en caso de que sea necesaria un repintado de los mismos, se procederá a remover el recubrimiento dañado y preparar la superficie para la posterior aplicación del nuevo recubrimiento, mediante los métodos explicados en el capítulo 6.



Figura 9.1: Proceso de eliminación del recubrimiento dañado

9.2.2.- Mantenimiento en caso de pitting

El pitting se puede encontrar generalmente en superficies horizontales internas, normalmente en las planchas de fondo de los tanques de carga o de lastre. Si se encuentra dispersado puede que no afecte de manera muy significativa a la resistencia estructural del buque. Sin embargo, teniendo en cuenta la velocidad de deterioro que tiene y la profundidad a la que se puede extender, puede llegar a ocasionar problemas estructurales a tener en cuenta.



Figura 9.2: Ejemplo de pitting en la estructura de los tanques de carga

Debido a esto, y en función del nivel de pitting que nos encontremos en la superficie, se va a proceder de las siguientes formas:

1. Si el espesor remanente de la plancha es mayor al espesor definido, se va a proceder a aplicar un método abrasivo de limpieza para eliminar el pitting y después aplicar un nuevo recubrimiento sobre éste mediante el uso de brocha; o bien, aplicar un rellenador en las picaduras producidas en el metal.

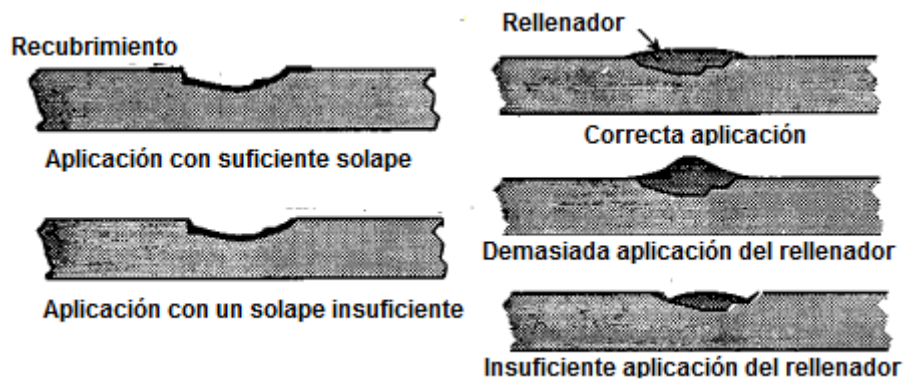


Figura 9.3: Métodos de reparación mediante abrasión o rellenador

2. Si el espesor remanente está entre el definido y 6mm se puede proceder a la soldadura de los defectos, siempre y cuando:
 - El diámetro máximo de la picadura no sea superior a los 200mm
 - La distancia entre las picaduras sea mayor a 1,5 veces el diámetro de la mayor de ellas
 - No se trate de aceros de grado E o EH
 - La temperatura del agua de mar sea mayor a los 4°C
3. Si el espesor remanente es menor a los 6mm, o bien no cumple las condiciones del punto anterior, hay dos opciones de reparación:
 - Remover la plancha dañada y sustituirla por una nueva
 - Recortar la zona dañada siempre y cuando sea menor a los 300mm e instalarle una plancha con un solape con la zona adyacente de 50mm, como se puede ver a continuación

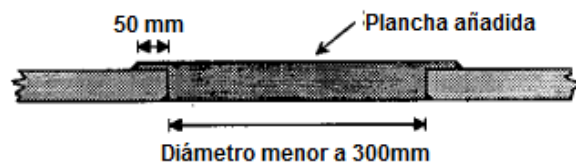


Figura 9.4: Ejemplo de la ejecución del recorte y la adición de la plancha

9.2.3.- Mantenimiento de los ánodos de sacrificio

El mantenimiento de los ánodos de sacrificio es un mantenimiento que implica pocas labores y tiempo invertido en él. Básicamente consiste en el seguimiento de su estado de deterioro, y si se encuentra muy deteriorado o se considera necesaria su sustitución, cambiarlo por uno nuevo.



Figura 9.5: Ánodos de sacrificio

La limpieza de los ánodos de sacrificio no suele ser necesaria, salvo en contadas ocasiones en los que se encuentren en zonas en las que se vean cubiertos de aceites o lodos, en este caso su limpieza sería necesaria.

El punto de sustitución de los ánodos de sacrificio no es el desgaste total de los mismos, sino que se diseña el sistema de protección catódica para que se consiga un efecto anticorrosivo óptimo hasta un 60% de consumo de los ánodos instalados. Esto es debido a que a menor radio del ánodo de sacrificio, mayor resistencia ofrece, por lo que su labor anticorrosiva se ve reducida.

TEMA 10: CASOS REALES DE LA CONDICIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS EN LOS BUQUES

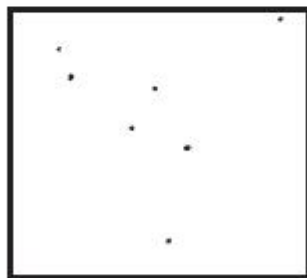


10.- CASOS REALES DE LA CONDICIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS EN LOS BUQUES

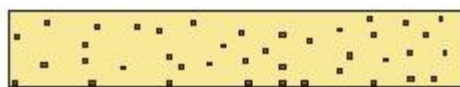
A continuación se van a exponer ejemplos reales del estado en el que nos podemos encontrar los recubrimientos en los buques, clasificando éstos en función del tipo de degradación en el que se encuentra el recubrimiento y la zona en la que se ubica.

Se procederá a ilustrar la zona con una imagen real, con unos cuadros informativos que reflejan el estado en el que se encuentra el recubrimiento en dicha imagen, y no en la totalidad de la zona contigua a ésta, y su validación de la condición en función de los criterios establecidos por la IMO Res. A.744(18) y la IACS Rec. 87

Superficie plana: 1% de deterioro



1%



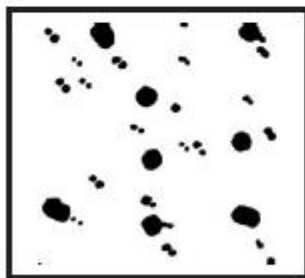
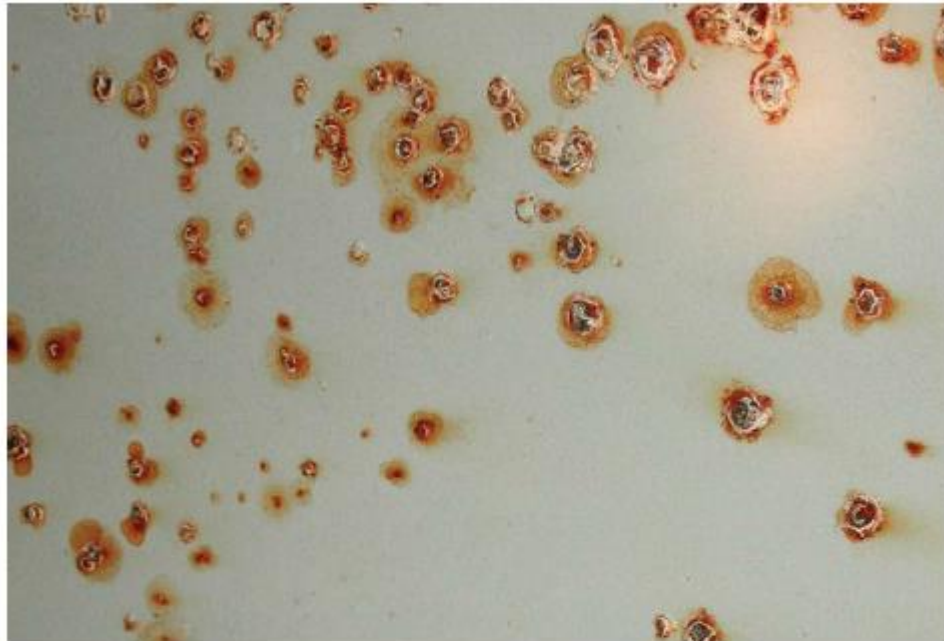
1% Dispersión

IMO: Buena

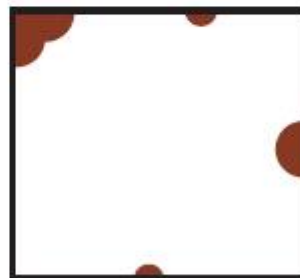
IACS REC.87: Buena

Comentario: La corrosión en la superficie es menor al 1%

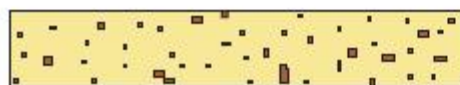
Superficie plana: 5% de deterioro



5%



5% Dispersión



5% Dispersión

IMO: Buena

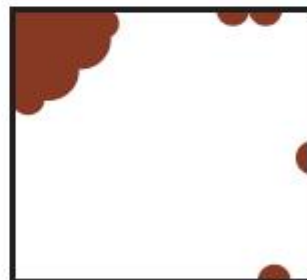
IACS REC.87: Aceptable

Comentario: Las manchas de herrumbre no se consideran

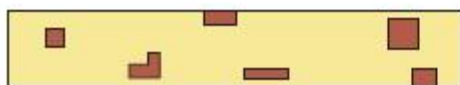
Superficie plana: 10% de deterioro



10%



10% Localizado



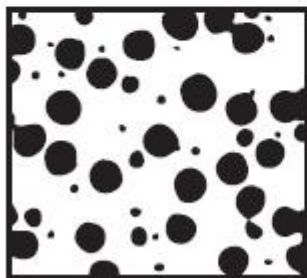
10% Localizado

IMO: Acceptable

IACS REC.87: Acceptable

Comentario: Corrosión del 10%

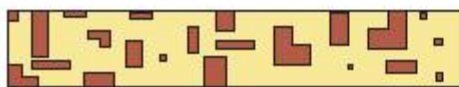
Superficie plana: 1% de rotura



25%



25% Dispersión



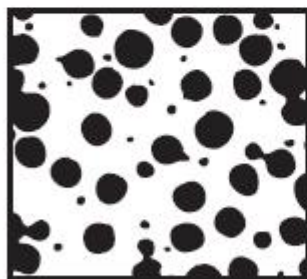
25% Fallo

IMO: Desfavorable

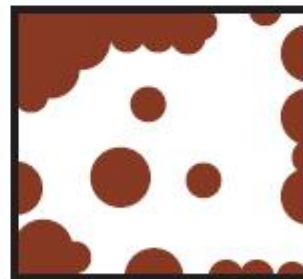
IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: Corrosión del 25% e incrustaciones menores al 10%

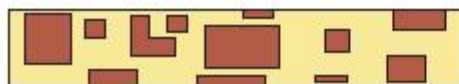
Superficie plana: 33% de deterioro



33%



33% Dispersión



33% Fallo

IMO: Desfavorable

IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: Corrosión mayor al 30%

Bordes/Soldaduras: deterioro del 5%



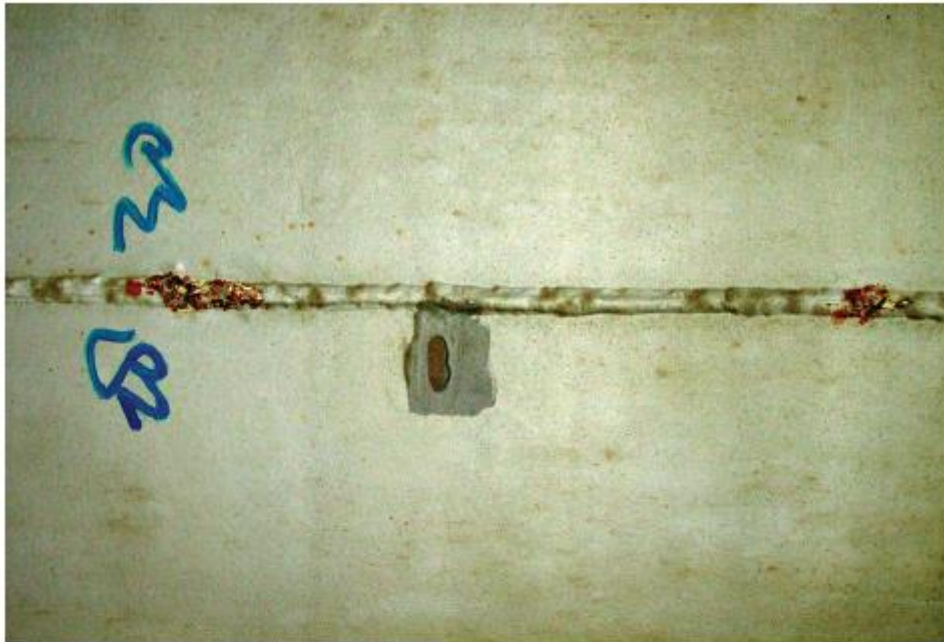
5%

IMO: Buena

IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en bordes y soldaduras menor al 5%

Soldaduras: deterioro del 10%

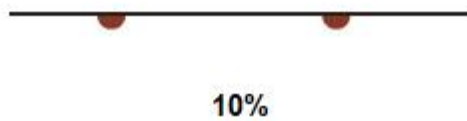


IMO: Buena

IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en bordes y soldaduras menor al 10%

Bordes: deterioro del 10%



IMO: Buena

IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en bordes y soldaduras menor al 10%

Bordes: deterioro del 50%



50%

IMO: Desfavorable /Aceptable

IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: La condición en función de las reglas IMO depende de la condición de las superficies planas adyacentes.

Soldaduras: 80% de deterioro



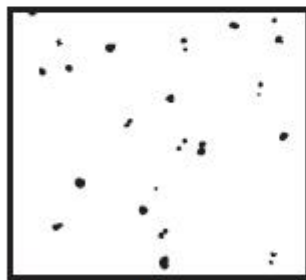
80%

IMO: Desfavorable /Aceptable

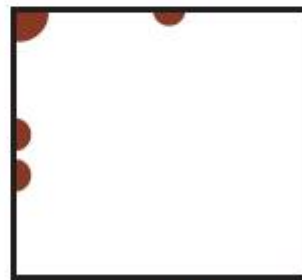
IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: La condición en función de las reglas IMO depende de la condición de las superficies planas adyacentes.

Epoxi en buena condición



1%



2% Dispersión



1% Dispersión



5%

IMO: Buena

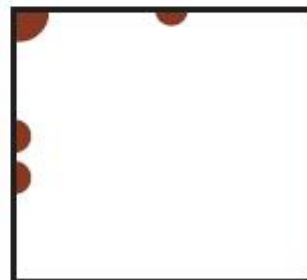
IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 1% y menor al 5% en bordes y soldaduras

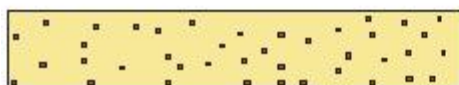
Epoxi en tanques de lastre en buena condición



1%



2% Dispersión



1% Dispersión



5%

IMO: Buena

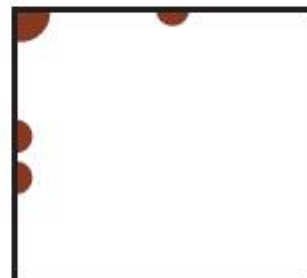
IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 1% y menor al 5% en bordes y soldaduras

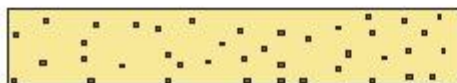
Epoxi en tanques de lastre en buena condición



1%



2% Dispersión



1% Dispersión



5%

IMO: Buena

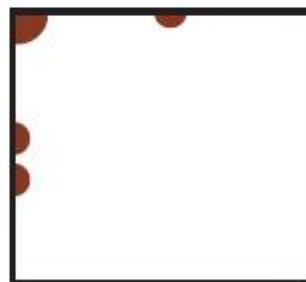
IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 1% y menor al 5% en bordes y soldaduras

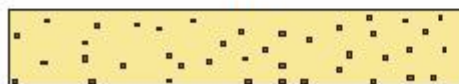
Epoxi en condición aceptable/buena



1%



2% Dispersión



1% Dispersión



1% Localizado



20%



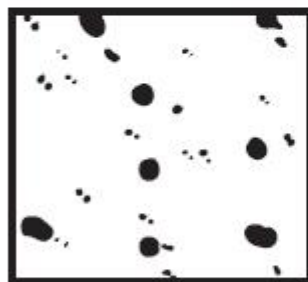
50%

IMO: Buena

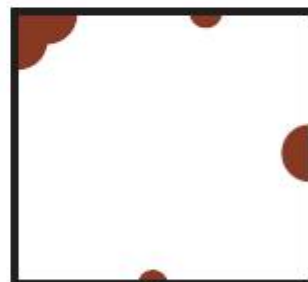
IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 1% y de entre el 20% y 50% en los bordes y soldaduras

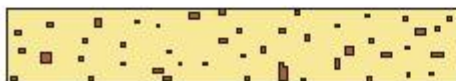
Epoxi en condición aceptable/desfavorable



5%



5% Dispersión



5% Dispersión



5% Localizado



20%



50%

IMO: Aceptable

IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 5% y del 40% en los bordes y soldaduras

Epoxi en tanques de lastre en una condició acceptable



5%



5% Localizado



5% Localizado



50%

IMO: Acceptable

IACS REC.87: Acceptable

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 5% y mayor al 50% en los bordes y soldaduras

Epoxi en tanques de lastre en una condició desfavorable



5%



5% Localizado



5% Localizado



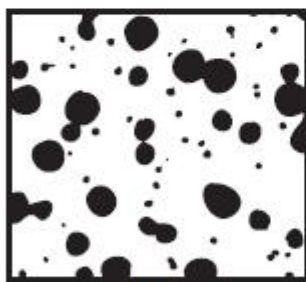
Soldaduras y bordes 80%

IMO: Desfavorable

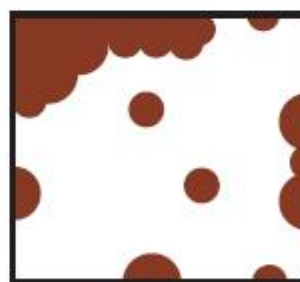
IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 5% y mayor al 80% en los bordes y soldaduras

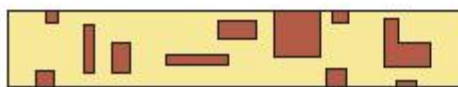
Epoxi en una condición desfavorable



20%



20% Dispersión



20% Dispersión



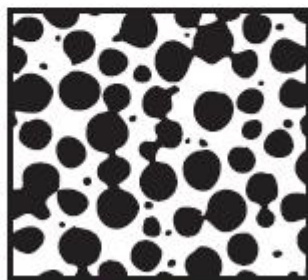
20%

IMO: Desfavorable

IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: Corrosión en superficies planas, en los bordes y soldaduras del 20%

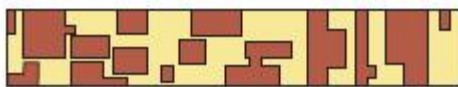
Epoxi en una condición desfavorable



50%



30% Dispersión



50% Dispersión



20%

IMO: Desfavorable

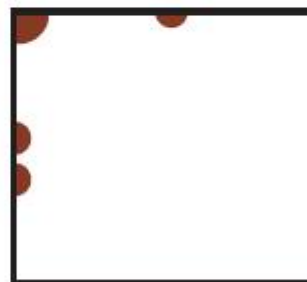
IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: Corrosión en superficies planas mayor al 50% y corrosión en los bordes y soldaduras del 20%

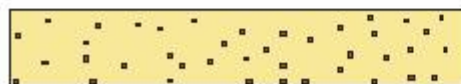
Recubrimiento con color brillante para tanques de lastre en buena condición



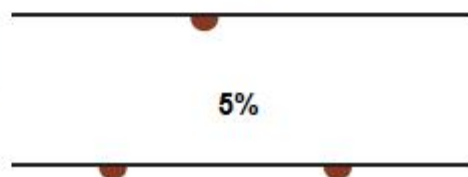
1%



2% Dispersión



1% Dispersión



5%



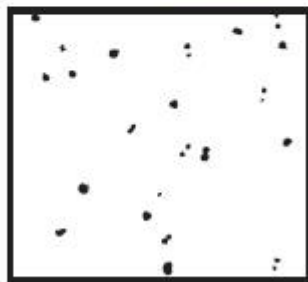
10%

IMO: Buena

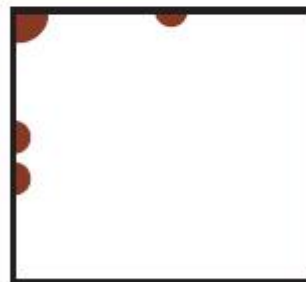
IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 1% y corrosión en los bordes y soldaduras de entre el 5% y el 10%

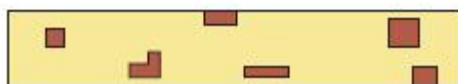
Recubrimiento con color brillante para tanques de lastre en una condición buena/aceptable



1%



2% Dispersión



1% Localizado



20%

IMO: Buena

IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 1% y corrosión en los bordes y soldaduras menor del 20%

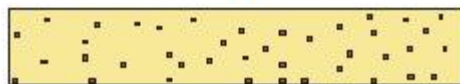
Recubrimiento con color brillante en buena condición



1%



2% Localizado



1% Dispersión



5%

IMO: Buena

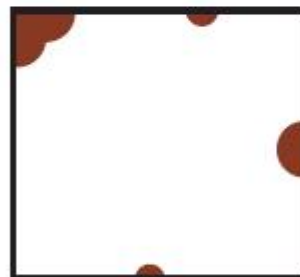
IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 1% y corrosión en los bordes y soldaduras menor del 5%

Recubrimiento con color brillante para tanques de lastre en una condición buena/aceptable



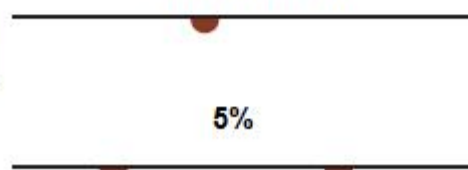
5%



5% Dispersión



5% Dispersión



5%

10%

IMO: Buena

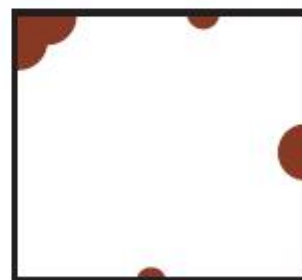
IACS REC.87: Buena

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 3% y corrosión en los bordes y soldaduras menor del 10%

Recubrimiento con color brillante en una condición buena/aceptable



1%



5% Dispersión



5% Localizado



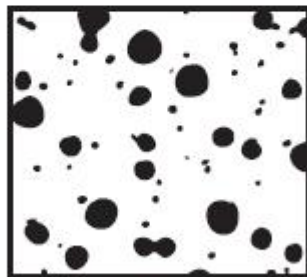
20%

IMO: Aceptable

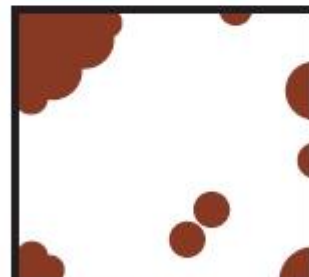
IACS REC.87: Aceptable

Comentario: Corrosión en superficies planas menor al 5% y corrosión en los bordes y soldaduras menor del 20%

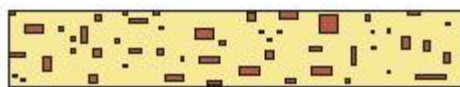
Recubrimiento con color brillante en una condición desfavorable



10%



15% Dispersión



10% Dispersión



50%

IMO: Desfavorable

IACS REC.87: Desfavorable

Comentario: Corrosión en superficies planas mayor al 10% y corrosión en los bordes y soldaduras mayor del 50%

TEMA 11: CONCLUSIÓN



11.- CONCLUSIÓN

Después de la elaboración de dicho proyecto sobre la estructura de los buques y sus cascos, se puede concluir que:

Para asegurar una correcta aplicación del mantenimiento y asegurar así las condiciones óptimas estructurales y por consiguiente una navegación segura y eficiente. Se deben seguir las recomendaciones y aplicar los métodos expuestos en las páginas previas de este proyecto, en función de los defectos que se encuentren en cada caso y en el tipo de buque.

Sin embargo, no es suficiente con la aplicación de lo mencionado con anterioridad, sino que hay que intentar confeccionar un mantenimiento adecuado y específico, y optimizarlo en función de las características requeridas por el buque en el que se debe implementar. Ya que no se debe generalizar el mantenimiento en función del tipo de buque solamente, sino que se deben tener en consideración otros factores como la explotación del mismo, el tipo de ruta que va a tener, los fondos de los que se disponen y el tiempo de vida útil que se le pretende dar a dicho buque, entre otros factores.

Es decir, se deben determinar cuales serían las mejores prácticas a aplicar en el mantenimiento de cada buque en particular, para que se consiga alargar su explotación con el menor desembolso posible y asegurando un mantenimiento satisfactorio que permite al buque navegar en las condiciones de seguridad requeridas, así como mejorar su rendimiento dentro de los márgenes de los que se disponen.

Los diferentes pasos a efectuar para la determinación y aplicación del mejor mantenimiento posible son:

- Determinación real de los propósitos de explotación del buque, de la vida útil del mismo, así como de los estándares de calidad a los que se pretende incluir el buque para su aceptación en las distintas Sociedades de Clasificación. Estos aspectos nos permitirán determinar de forma más apurada cuales son los requisitos de mantenimiento a aplicar, lo que nos dará lugar a la selección de unos métodos de protección contra la patología estructural acordes a las condiciones de explotación de dicho caso en particular.
- Asegurar la selección adecuada del tipo de recubrimiento a utilizar, basándose en el tipo de buque a proteger, la zona a proteger y los diferentes tipos de patología que pueden aparecer en dicha zona.
- Seleccionado ya el tipo de recubrimiento a aplicar, se debe consultar las condiciones óptimas de aplicación, así como los métodos de aplicación recomendados por el fabricante. Una vez éstos son determinados, se procede a la aplicación del recubrimiento, previo tratamiento de superficies, acorde a cada zona, recubrimiento y necesidades específicas. Se debe prestar atención en la preparación de superficies y en la aplicación del recubrimiento, asegurándose de que los útiles y herramientas utilizadas funcionan en las condiciones óptimas y que los operarios tienen las habilidades necesarias para

asegurar su correcta aplicación. Ya que una mala aplicación o preparación de superficies conlleva a fallos y errores en los recubrimientos antes de lo previsto, dando lugar a un mantenimiento ineficaz.

- Determinar la necesidad de la aplicación de sistemas de protección catódica, que tipo utilizar, así como las zonas en las que se deberían aplicar. Esto nos permite reducir en gran medida, sobretodo, la corrosión del casco y los elementos en contacto directo con el agua de mar, como pueden ser arbotantes, hélices, etc. Por lo que una buena determinación del tipo de sistema a utilizar así como un cálculo de los requerimientos y dimensiones de dicho sistema permiten reducir las labores de mantenimiento y aumentar el rendimiento del casco del buque de forma considerable.
- Realizar inspecciones de forma controlada y con intervalos de tiempo adecuados para cada zona, buque y caso en particular con el fin de asegurar que se evitan fallos imprevistos en la estructura o el casco.
- Y por último, asegurarse de la correcta aplicación de las operaciones de reparación y mantenimiento necesarias ante la aparición de un fallo o simplemente al cumplir los periodos de mantenimiento determinados en el plan de mantenimiento.

Estos son los pasos a realizar para conseguir un buen plan de mantenimiento acorde con las características, necesidades y requerimiento de un buque en particular. Pero a parte de estos conceptos básicos, se pueden aplicar algunas prácticas que ayudan a mejorar el mantenimiento, como pueden ser:

- Realizar un estudio previo a la elección del plan de mantenimiento para determinar los tiempos de varada disponibles, la inversión a realizar en el plan de mantenimiento, el tipo de protección que se requiere y los métodos de mantenimiento a aplicar. Para poder así confeccionar de la mejor manera posible un calendario de mantenimiento, reduciendo así problemas de paradas fuera de tiempo y por lo tanto pérdidas económicas y de tiempo para el armador.
- Estudiar los casos de mantenimiento en otros buques de características similares, para tener así unos estándares de referencia a la hora de planificar el mantenimiento. Además de poder saber con anterioridad las zonas críticas de cada tipo de buque en particular y poder enfatizar las labores de inspección en dichas zonas, con el fin de reducir los fallos que puedan provocarse en dichas zonas.
- Seleccionar un tipo de recubrimiento adecuado para las necesidades específicas de nuestro caso. No siempre es necesario la aplicación del recubrimiento más caro, o el uso de las técnicas de aplicación más avanzadas, si las necesidades de navegación y seguridad del buque no lo requieren el desembolso económico que se efectuaría no tendría una finalidad concreta, sino que sería un desperdicio de recursos económicos que podrían destinarse a mejorar otros aspectos, como podría ser el de inspección.

- Aplicar un mantenimiento basado en el carácter retroactivo del mismo, es decir, elaborar una base de datos que nos permita realizar mejoras en el mismo de forma continua. Anotando zonas críticas, tiempos entre fallos, etc. que permitan de esta forma una mejora continua del mantenimiento.

TEMA 12: BIBLIOGRAFÍA



12.- BIBLIOGRAFÍA

- Artículo escrito por Luis Jar Torre – El barco que se rompió
- Maintenance Fundamentals – Planet Engineering
- Hull Planned Maintenance – Ship Right, Design and construction – Lloyd's Register
- Hull Inspection and Maintenance Program – ABS 2007
- Ship Maintenance Project, Volume 4 – Ship Structure Committee 1995
- Reliability-Centered Maintenance – ABS 2004
- The Inspection, Maintenance and Application of Marine Coating Systems – ABS 2007
- Ship Knowledge – Ship Design, Construction and Operation – Dokmar
- Protection of Ships (powerpoint) – Colin Anderson – AKZO NOBEL
- Coatings Technology: What is Fouling? – International Marine Coatings
- Life Expectancy Assessment of Ship Structures – Ship Structure Committee 2003
- Requirements concerning Survey and Certification – International Association of Classification Societies 2006
- Review of Current Practices of Fracture Repair Procedures for Ship Structures – Ship Structure Committee 2012
- Manual Técnico Hempel – Hempel
- Quarterly Journal of Ship Hull Performance – October 2011
- Quarterly Journal of Ship Hull Performance – April 2012
- Ship Hull Coating Systems Simplified – Hydrex White Paper nº 4 – The Hydrex Group
- Cathodic Protection Design – Det Norske Veritas 2010
- Cathodic Protection – P E Francis

- Cathodic Protection Systems Ch 19 – Navy Manuals
- Hull Inspection Techniques & Strategy – RINA
- Best Practice for the Procurement and Conduct of Non-Destructive Testing – Part 1: Manual Ultrasonic Inspection – Health and Safety Executive (HSE) 2000
- Best Practice for the Procurement and Conduct of Non-Destructive Testing – Part 2: Magnetic Particle and Dye Penetrant Inspection – Health and Safety Executive (HSE)
- Best Practice for the Procurement and Conduct of Non-Destructive Testing – Part 3: Radiographic Inspection in Industry – Health and Safety Executive (HSE) 2008
- No.76 IACS Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure – Bulk Carriers – IACS 2004
- IACS Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure – Container Ships – IACS 2005
- No.96 IACS Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure – Double Hull Oil Tankers – IACS 2007
- IACS Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure – General Cargo Ships – IACS 1999

TEMA 13: FIGURAS Y TABLAS

Diagrama de Corrosión Electroquímica:

El diagrama ilustra el proceso de corrosión en un acero sumergido en agua de mar. Se muestra un ánodo (Fe) y un cátodo (O₂) separados por un electrolito (Agua de mar). Los electrones (e⁻) fluyen desde el ánodo hacia el cátodo. Los iones hidroxilo (OH⁻) fluyen desde el cátodo hacia el ánodo. Se indica la presencia de Fe⁺⁺ en la solución.

Imágenes de Corrosión:

- Se muestran imágenes de corrosión severa en estructuras de acero, incluyendo una vista de una estructura de acero con corrosión extensa y una vista de una estructura de acero con corrosión localizada.
- Se incluye un diagrama de la corrosión en un sistema de tuberías, mostrando la corrosión en las uniones y en las tuberías.

CRITERIOS PARA LA RESISTENCIA LOCAL DE LOS DISTINTOS COMPONENTES ESTRUCTURALES

COMPONENTE ESTRUCTURAL	% Pérdida por corrosión		Flecha de la estructura longitudinales	
	s	v	h/s	h/v
Planchas de cubierta y fondo y espigas	10	20	h/s = 55 - 60	h/v = 49 - 52
Alma de los longitudinales de fondo y cubierta	15	30	h/s = 50 - 55	h/v = 45 - 55
Planchas de cubierta y fondo longitudinales de cubierta y fondo	10	20	h/s = 15 - 20	h/v = 15 - 17
Alas de los longitudinales y espigas	10	20	h/s = 10	h/v = 10
Planchas de cubierta	-	20	-	-
Flanchas longitudinales de las mamparas	15	25	h/s = 70 - 75	h/v = 60 - 70
Alma de los longitudinales de cubierta y de las mamparas	25	35	-	-
Flanchas de las mamparas y refuerzos transversales	10	20	-	-
Refuerzos transversales	-	20	-	-

13.1.- FIGURAS Y TABLAS

13.1.1.- Figuras

Figura 3.1: Flujo de electrones en el acero – Pg 23

Figura 3.2: Reacción anódica en el acero – Pg 23

Figura 3.3: Difusión de iones ferrosos – Pg 24

Figura 3.4: Pitting – Pg 26

Figura 3.5: Formas de pitting – Pg 26

Figura 3.6: Corrosión por grietas – Pg 27

Figura 3.7: Ejemplo real de corrosión por grietas – Pg 27

Figura 3.8: Tablas de potencial galvánico – Pg 28

Figura 3.9: Corrosión por deposición – Pg 29

Figura 3.10: Fouling tipo animal – Pg 31

Figura 3.11: Hidroideos – Pg 31

Figura 3.12: Moluscos – Pg 31

Figura 3.13: Fouling tipo planta – Pg 32

Figura 4.1: Fallo del recubrimiento tipo piel de naranja – Pg 45

Figura 4.2: Fallo del recubrimiento debido a la falta de adhesión – Pg 46

Figura 4.3: Fallo del recubrimiento debido al sobre-espesor – Pg 46

Figura 4.4: Fallo del recubrimiento debido a la falta de material – Pg 46

Figura 4.5: Fallo del recubrimiento debido a inclusiones de granalla – Pg 47

Figura 4.6: Fallo del recubrimiento debido al error humano – Pg 47

Figura 4.7: Fallo en la imprimación de taller – Pg 49

Figura 4.8: Fallo del recubrimiento tipo manchas de corrosión – Pg 50

Figura 4.9: Fallo del recubrimiento tipo erupciones en el metal – Pg 51

Figura 4.10: Fallo del recubrimiento tipo ruptura en los bordes – Pg 51

Figura 4.11: Fallo del recubrimiento tipo ruptura en las zonas próximas a los recortes de la estructura – Pg 52

Figura 4.12: Fallo del recubrimiento debido a la corrosión de la soldadura – Pg 52

Figura 4.13: Fallo del recubrimiento debido a depósitos calcáreos – Pg 53

Figura 4.14: Fallo del recubrimiento debido a una mala preparación de superficies – Pg 53

Figura 4.15: Fallo del recubrimiento debido a daños por impacto – Pg 54

Figura 4.16: Fallo del recubrimiento en la zona del área de empuje de los remolcadores – Pg 54

Figura 4.17: Fallo del recubrimiento tipo agrietamiento – Pg 55

Figura 4.18: Fallo del recubrimiento debido a tensiones internas – Pg 55

Figura 4.19: Fallo del recubrimiento debido a tensiones en las zonas próximas a aperturas o soldaduras – Pg 56

Figura 6.1: Limpieza por abrasión – Pg 75

Figura 6.2: Proceso de decapado ácido – Pg 77

Figura 6.3: Preparación de soldaduras – Pg 78

Figura 6.4: Preparación de bordes – Pg 78

Figura 6.5: Aplicación mediante brocha en zonas de difícil acceso – Pg 79

Figura 6.6: Aplicación del recubrimiento mediante spray sin aire – Pg 80

Figura 7.1: Ánodo de sacrificio – Pg 85

Figura 7.2: Ánodo de sacrificio ubicado en los tanques de lastre – Pg 86

Figura 7.3: Corrosión producida por una mala colocación del ánodo de sacrificio – Pg 87

Figura 7.4: Corrosión en las paredes del tanque – Pg 87

Figura 7.5: Ubicación del sistema ICCP – Pg 88

Figura 7.6: Problemas de abrasión en las zonas contiguas al ánodo – Pg 89

Figura 8.1: Ensayo por partículas magnéticas – Pg 93

Figura 8.2: Ensayo por líquidos penetrantes – Pg 95

Figura 8.3: Medidor de ultrasonidos – Pg 96

Figura 8.4: Máquina de rayos X – Pg 97

Figura 8.5: Buque granelero – Pg 98

Figura 8.6: Estructura de unión costado-cubierta – Pg 99

Figura 8.7: Estructura de costado – Pg 100

Figura 8.8: Mamparo transversal – Pg 100

Figura 8.9: Estructura de doble fondo – Pg 101

Figura 8.10: Estructura de pique de proa – Pg 102

Figura 8.11: Timón – Pg 102

Figura 8.12: Buque portacontenedores – Pg 103

Figura 8.13: Ejemplos de zonas a inspeccionar en la estructura de costado – Pg 104

Figura 8.14: Aperturas para el paso de refuerzos a través de los mamparos – Pg 104

Figura 8.15: Base estructural de los motores principales en la CM – Pg 106

Figura 8.16: Problemas de corrosión en la zona de alojamiento – Pg 106

Figura 8.17: Buque petrolero – Pg 107

Figura 8.18: Zona de unión del pantoque con el fondo – Pg 107

Figura 8.19: Ejemplos de rotura en la zona entre el fondo y el doblefondo – Pg 108

Figura 8.20: Estructura de apoyo para las grúas – Pg 109

Figura 8.21: Buque de carga general – Pg 110

Figura 8.22: Ejemplos de fractura en la estructura de costado – Pg 111

Figura 9.1: Proceso de eliminación del recubrimiento dañado – Pg 119

Figura 9.2: Ejemplo de pitting en la estructura de los tanques de carga – Pg 120

Figura 9.3: Método de reparación mediante abrasión o rellenador – Pg 120

Figura 9.4: Ejemplo de la ejecución del recorte y la adición de la plancha – Pg 121

Figura 9.5: Ánodos de sacrificio – Pg 121

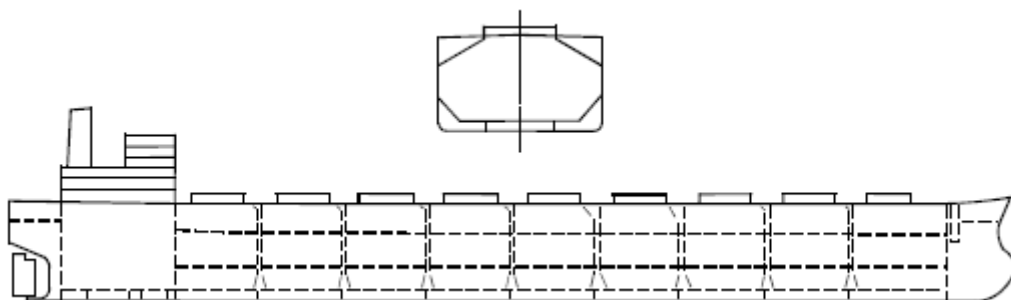
13.1.2.- Tablas

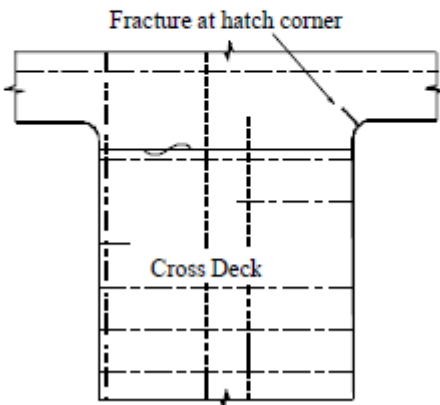
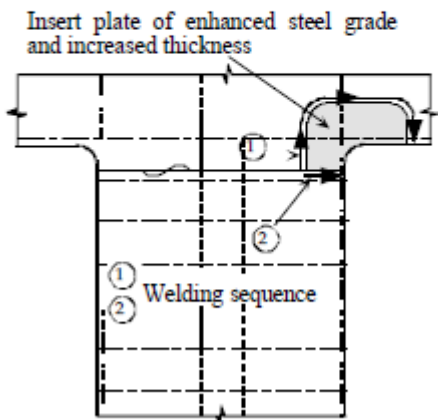
Tabla 1.1: Especificaciones buque Erika – Pg 13

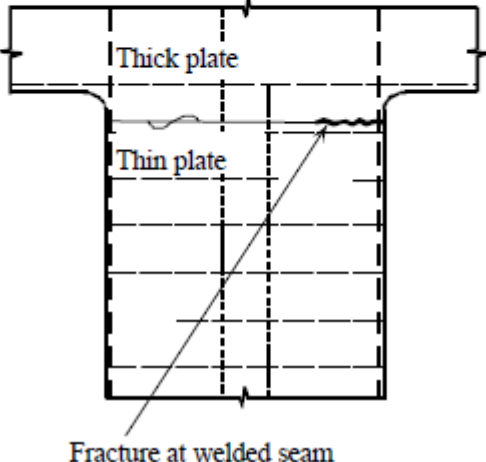
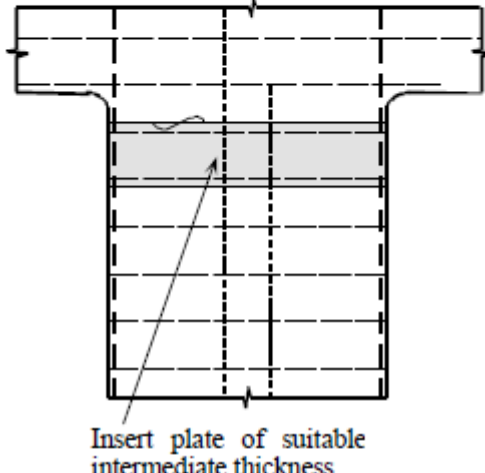
Tabla 5.1: Recubrimientos – Factores a considerar para su selección – Pg 70

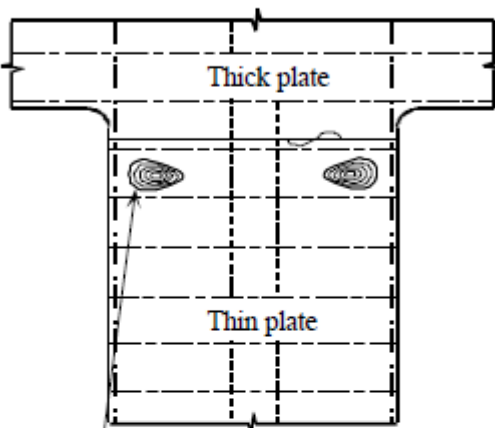
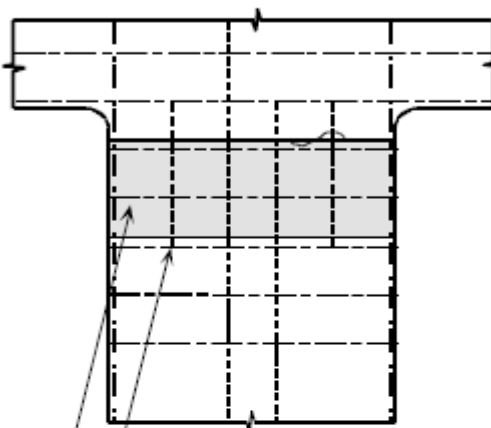
Tabla 9.1: Criterios para la resistencia local de los componentes estructurales – Pg 117

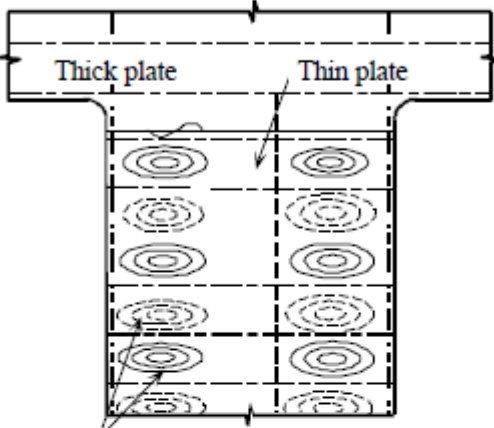
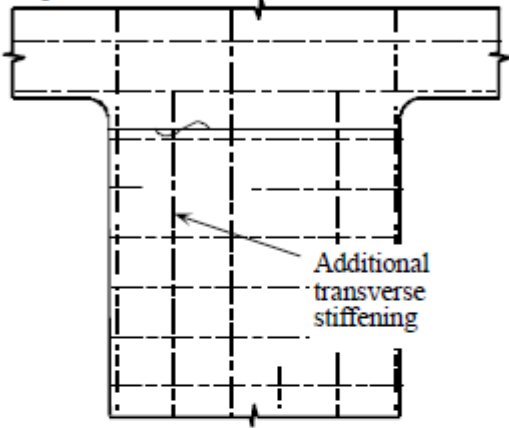
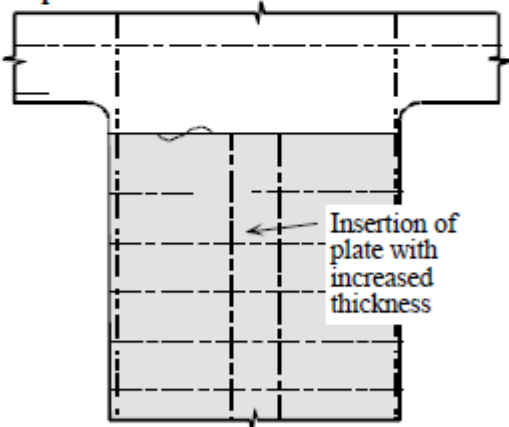
ANEXO 1: BUQUES GRANELEROS

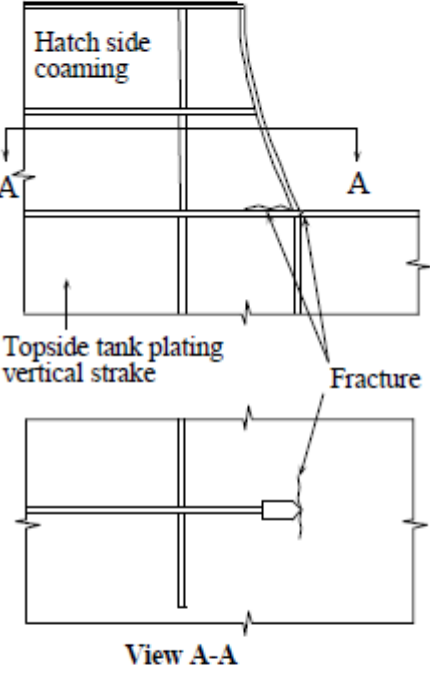
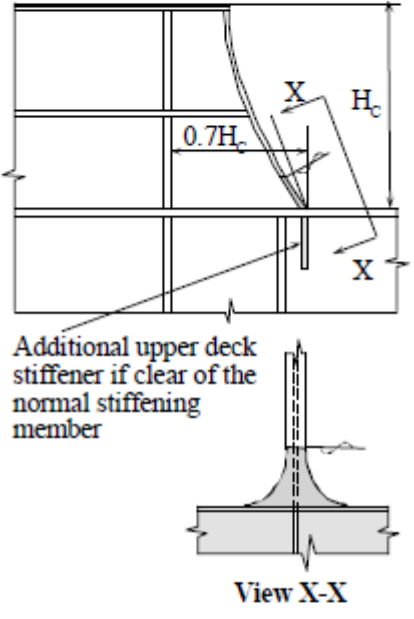


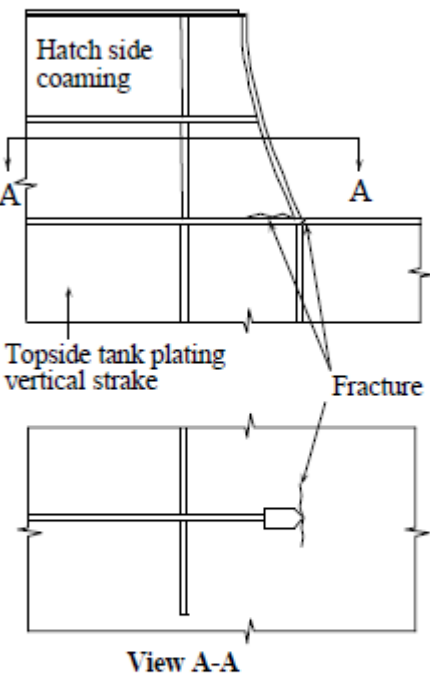
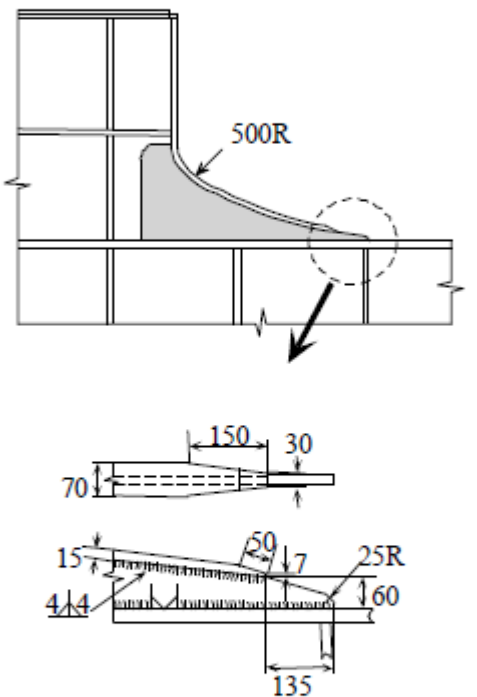
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	1	
Detail of damage		Fractures at main cargo hatch corner	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. Stress concentration at hatch corners, i.e. radius of corner.2. Welded attachment of shedder plate close to edge of hatch corner.3. Wire rope groove.		<ol style="list-style-type: none">1. The corner plating in way of the fracture is to be cropped and renewed. If stress concentration is primary cause, insert plate should be increased thickness, enhanced steel grade and/or improved geometry. Insert plate should be continued beyond the longitudinal and transverse extent of the hatch corner radius ellipse or parabola, and the butt welds to the adjacent deck plating should be located well clear of the butts in the hatch coaming. It is recommended that the edges of the insert plate and the butt welds connecting the insert plates to the surrounding deck plating be made smooth by grinding. In this respect caution should be taken to ensure that the micro grooves of the grinding are parallel to the plate edge.2. If the cause of fracture is welded attachment of shedder plate, the deck connection should be left unwelded.3. If the cause of the fracture is wire rope groove, replacement to the original design can be accepted.	

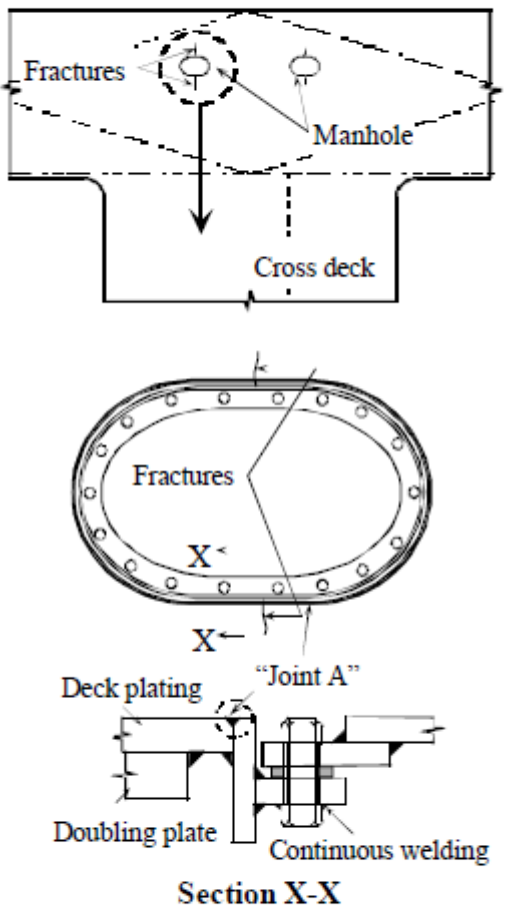
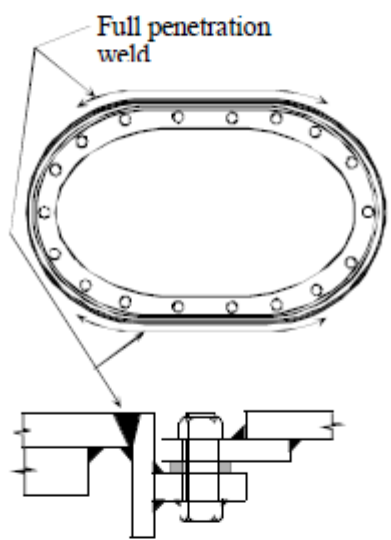
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	2-a	
Detail of damage	Fractures of welded seam between thick plate and thin plate at cross deck		
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. Stress concentration created by abrupt change in deck plating thickness.2. In-plane bending in cross deck strip due to torsional (longitudinal) movements of ship sides.3. Welded seam not clear of tangent point of hatch corner.		<ol style="list-style-type: none">1. Insert plate of intermediate thickness is recommended.2. Smooth transition between plates (beveling) should be considered.	

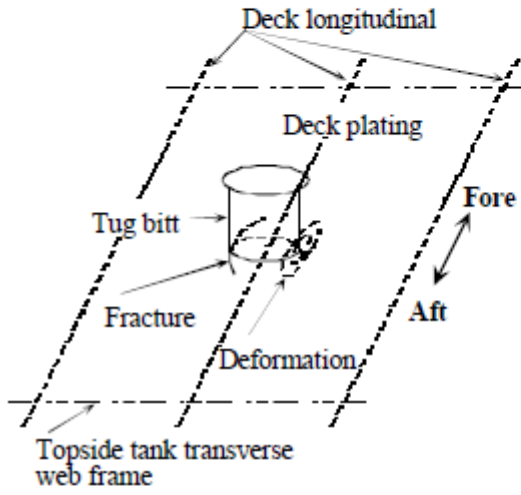
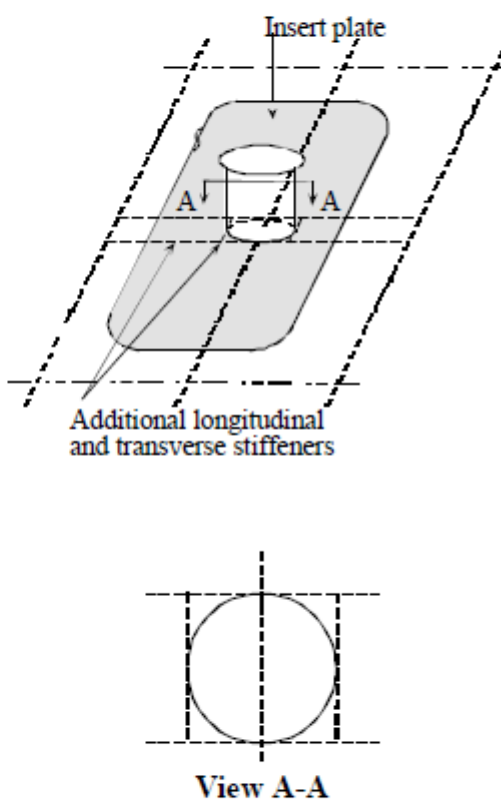
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	2-b	
Detail of damage	Plate buckling in thin plate near thick plate at cross deck		
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Buckling of cross deck plating (Buckling of hatch end structure should be examined. Refer to Example 7-a.)</p>		 <p>Additional transverse stiffening and/or insertion of plate with suitable intermediate thickness</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. In-plane bending of cross deck strip due to torsional (longitudinal) movement of ship sides, often in combination with corrosion.2. Insufficient plate thickness and/or transverse stiffening.		<ol style="list-style-type: none">1. Transverse stiffeners extending from hatch sides towards centerline at least 10% of breadth of hatch, and/or increased plate thickness in the same area.	

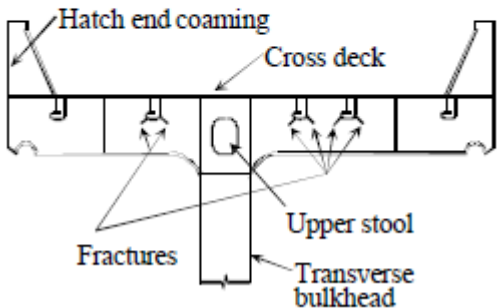
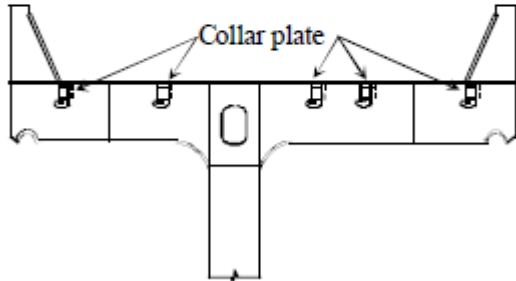
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 1	Deck structure		2-c
Detail of damage		Overall buckling of cross deck plating	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Buckling of cross deck plating (Buckling of hatch end structure should be examined. Refer to Example 7-a.)</p>		<p>Sketch of repair</p> <p>Repair A</p>  <p>Additional transverse stiffening</p> <p>Repair B</p>  <p>Insertion of plate with increased thickness</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Transverse compression of deck due to sea load. 2. Transverse compression of deck due to excessive loading in two adjacent holds. 3. Insufficient plate thickness and/or transverse stiffening. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Repair A Plating of original thickness in combination with additional transverse stiffening. 2. Repair B Insertion of plating of increased thickness. 	

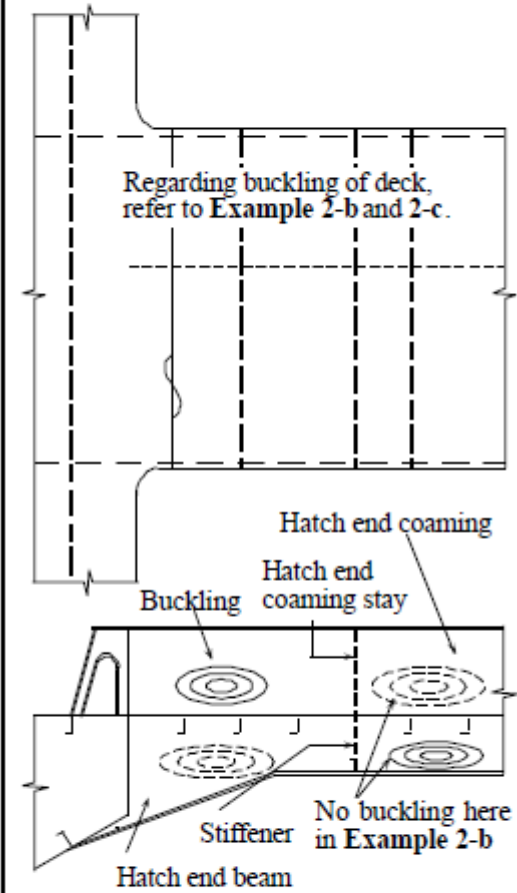
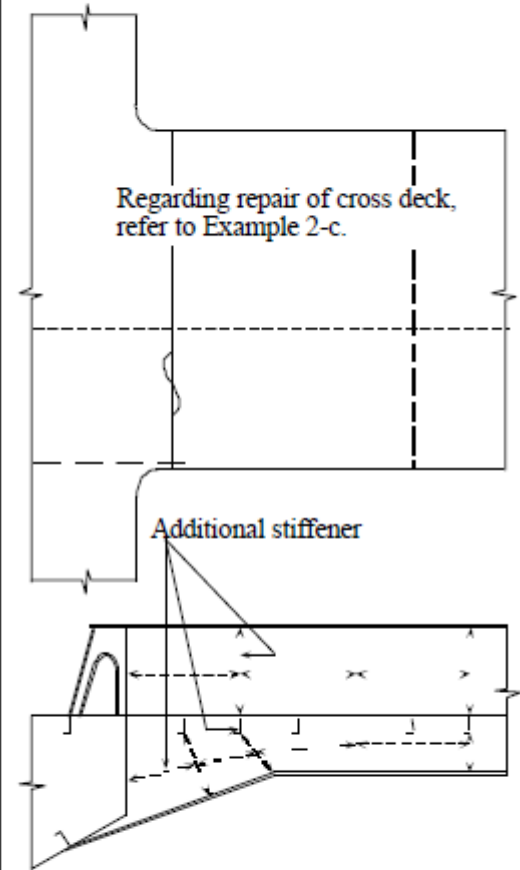
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	3-a	
Detail of damage		Fractures in the web or in the deck at the toes of the longitudinal hatch coaming termination bracket	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. This damage is caused by stress concentrations attributed to the design of the bracket. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. The design of the bracket can be altered as shown above, however, it is to be ensured that an additional under deck stiffener is provided at the toe of the termination bracket, where the toe is clear of the normal stiffening member. 2. Full penetration weld for a distance of $0.15 H_c$ from toe of side coaming termination bracket and for connection of athwartship gusset bracket to deck. 3. The fracture in deck plating to be veed-out and rewelded or deck plating cropped and part renewed as appropriate, using low hydrogen electrodes for welding. 	

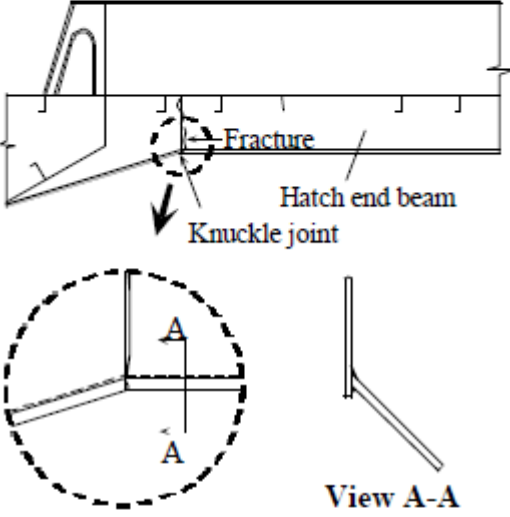
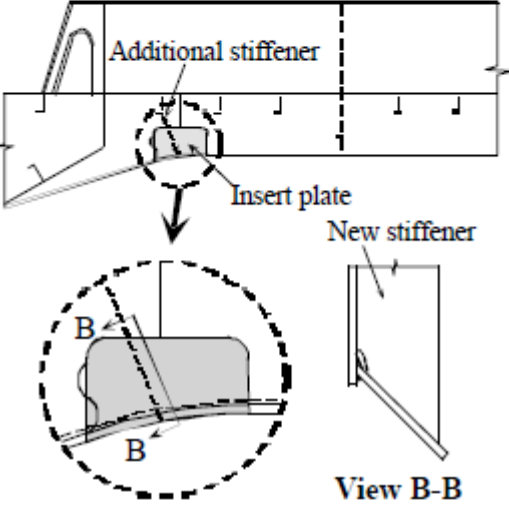
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 1	Deck structure		3-b
Detail of damage		Fractures in the web or in the deck at the toes of the longitudinal hatch coaming termination bracket	
Sketch of damage 		Sketch of repair 	
Notes on possible cause of damage 1. This damage is caused by stress concentrations attributed to the design of the bracket.		Notes on repairs 1. The design of the bracket can be altered as shown above, however, it is to be ensured that an additional under deck stiffener is provided at the toe of the termination bracket, where the toe is clear of the normal stiffening member. 2. The fracture in deck plating to be vee-out and rewelded or deck plating cropped and part renewed as appropriate, using low hydrogen electrodes for welding.	

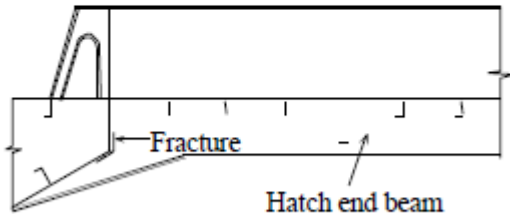
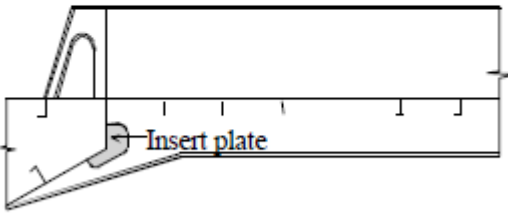
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	4	
Detail of damage		Fractures in deck plating initiated from weld of access manhole	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Fractures</p> <p>Manhole</p> <p>Cross deck</p> <p>Fractures</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>Deck plating</p> <p>Joint A</p> <p>Doubling plate</p> <p>Continuous welding</p> <p>Section X-X</p>		 <p>Full penetration weld</p>	
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy weather. 2. Improper welding of joint "A". 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. The fracture in deck plating to be veed-out and rewelded, or deck plating cropped and part renewed if considered necessary. 2. Full penetration of joint "A" should be considered. 	

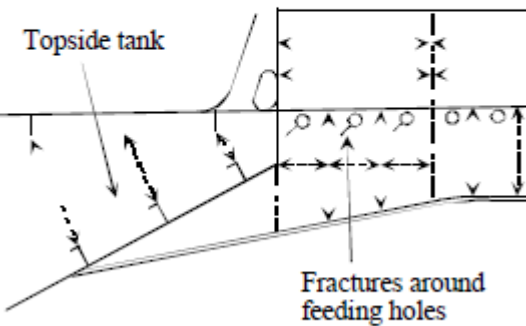
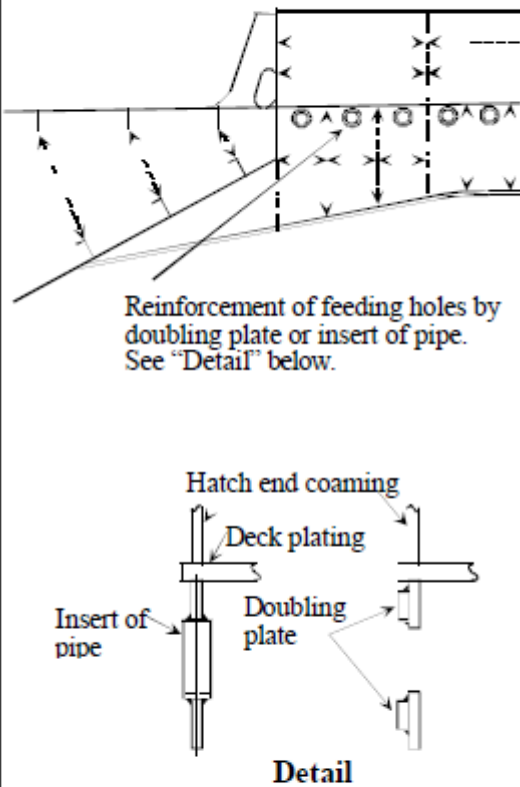
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	5	
Detail of damage		Deformed and fractured deck plating around tug bitt	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage 1. Insufficient strength		Notes on repairs 1. Fractured/deformed deck plating should be cropped and part renewed. 2. Reinforcement by stiffeners should be considered.	

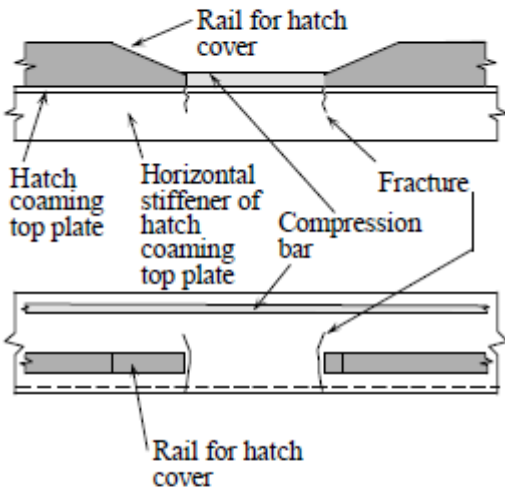
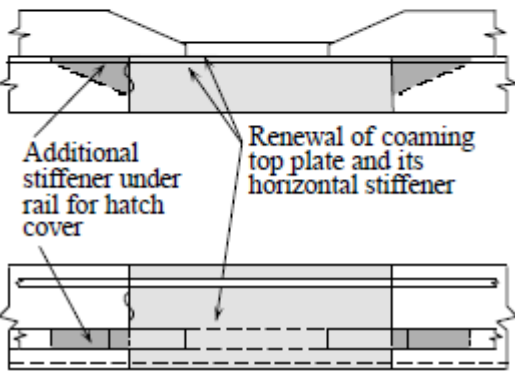
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 1	Deck structure		6
Detail of damage	Fractures around cut-outs in cross deck girder		
Sketch of damage 		Sketch of repair 	
Notes on possible cause of damage 1. Stress concentration at the cut-outs in cross deck girder.		Notes on repairs 1. Fractured web plate of cross deck girder to be cropped and part renewed. 2. Collar plates to be provided.	

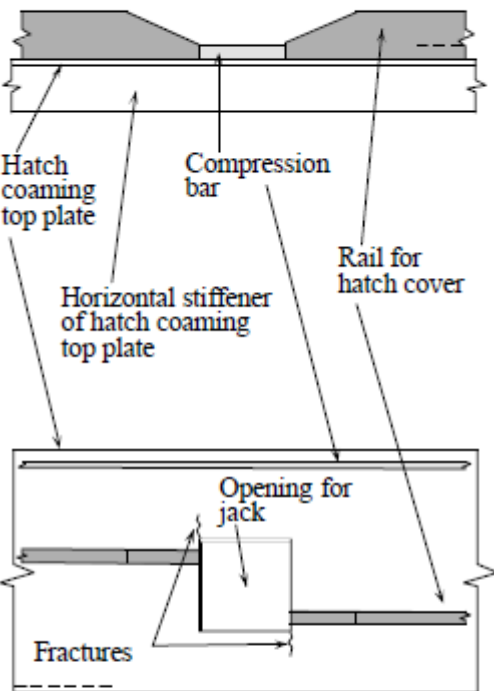
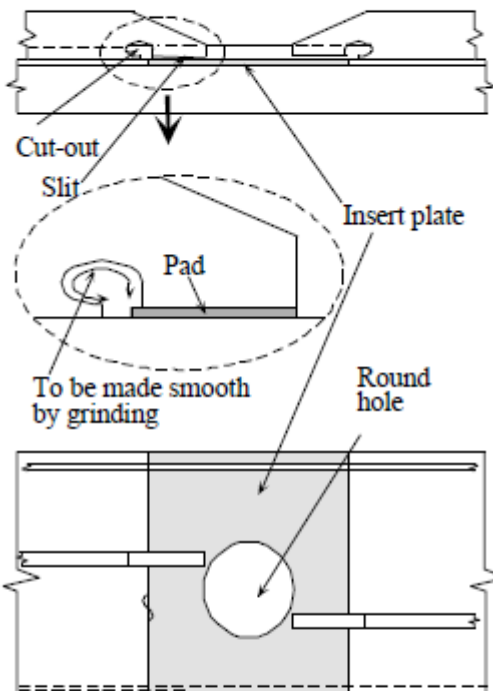
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 1	Deck structure		7-a
Detail of damage		Buckling of hatch coaming and hatch end beam	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Regarding buckling of deck, refer to Example 2-b and 2-c.</p> <p>Hatch end coaming</p> <p>Buckling</p> <p>Hatch end coaming stay</p> <p>Stiffener</p> <p>Hatch end beam</p> <p>No buckling here in Example 2-b</p>		 <p>Regarding repair of cross deck, refer to Example 2-c.</p> <p>Additional stiffener</p>	
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Additional transverse forces due to heavy seas, and torsional loading. 2. Inadvertent overloading of cargo spaces. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. If buckling is due to loss in strength induced by corrosion, the buckled zone to be cropped and renewed as necessary. 2. If buckling results from inadequate strength, stiffeners should be fitted in addition to cropping and renewal of buckled zone. 	

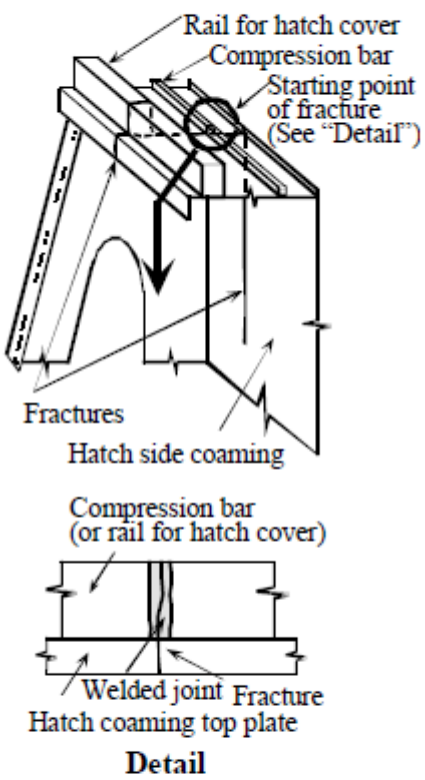
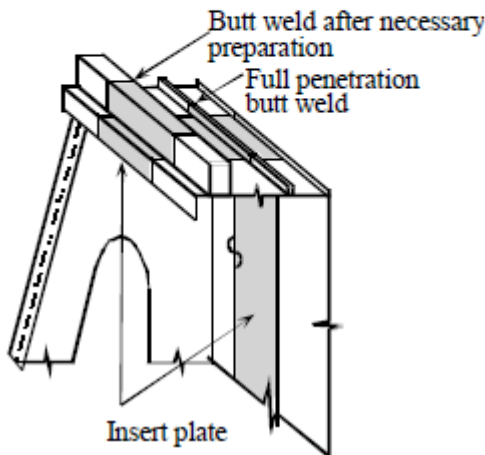
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	7-b	
Detail of damage		Fractures in hatch end beam at knuckle joint	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at knuckle joint. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured part to be cropped and renewed. 2. Improvement to avoid stress concentration at knuckle joint should be considered. 	

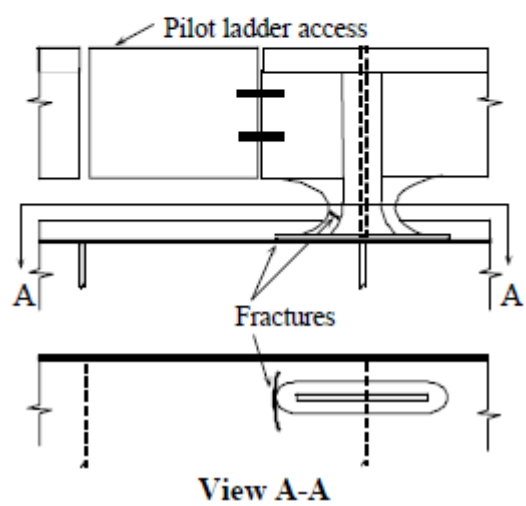
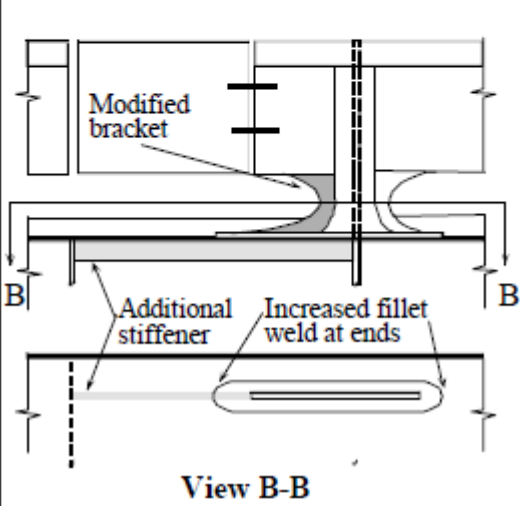
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	8	
Detail of damage		Fractures in hatch end beam at the joint to topside tank	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. Misalignment of the hatch end beam with transverse web frame in topside tank.2. Stress concentration.		<ol style="list-style-type: none">1. Fractured part to be cropped and renewed.	

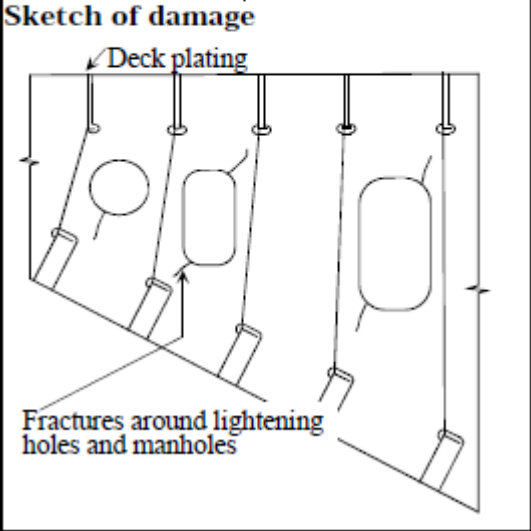
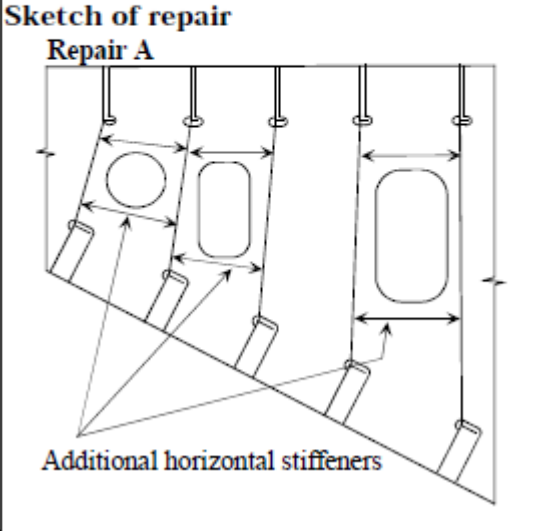
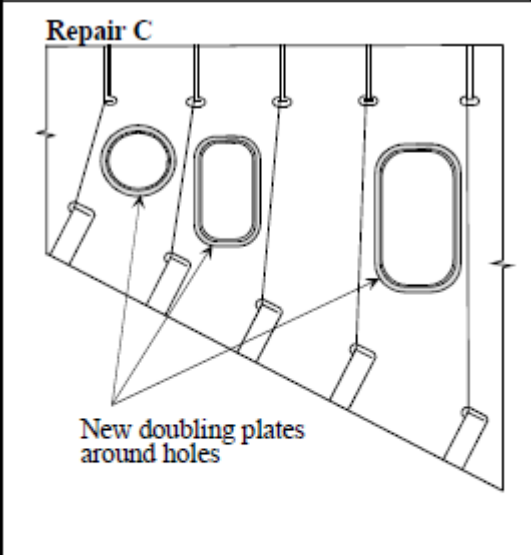
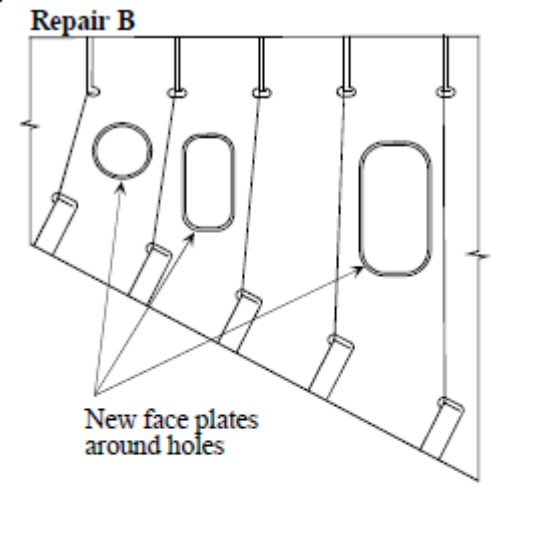
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 1	Deck structure		9
Detail of damage		Fractures in hatch end beam around feeding holes	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Topside tank</p> <p>Fractures around feeding holes</p>		 <p>Reinforcement of feeding holes by doubling plate or insert of pipe. See "Detail" below.</p> <p>Hatch end coaming</p> <p>Deck plating</p> <p>Insert of pipe</p> <p>Doubling plate</p> <p>Detail</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inadequate reinforcement around feeding hole. 2. Corrosion. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured part to be veed-out or cropped and renewed. 2. If the fractured part is free from corrosion, reinforcement should be considered. 	

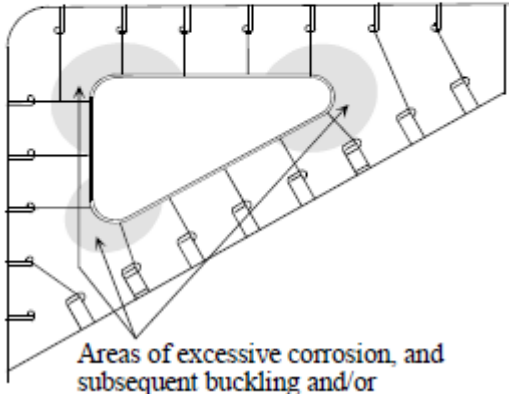
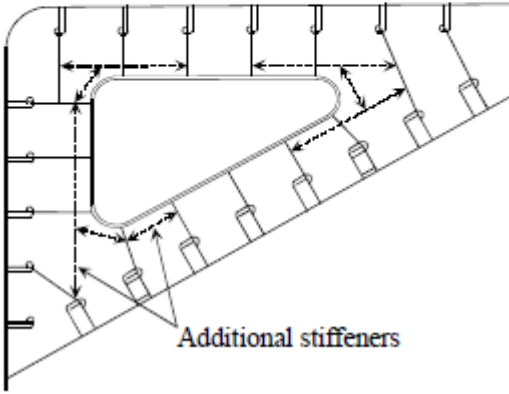
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 1	Deck structure		10-a
Detail of damage		Fractures in hatch coaming top plate at the termination of rail for hatch cover	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at the termination of the rail for hatch cover due to poor design. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured plate is to be cropped and part renewed. 2. Thicker insert plate and/or reinforcement by additional stiffener under the top plate should be considered. Also refer to Example 10-b. 	

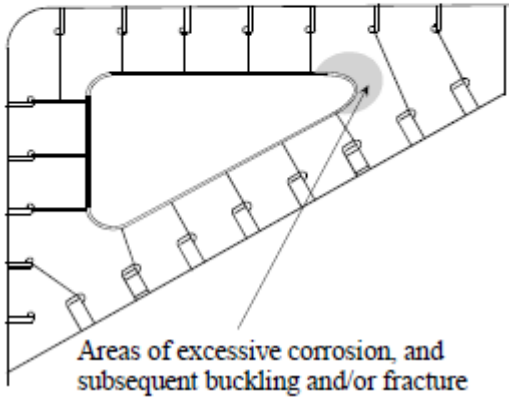
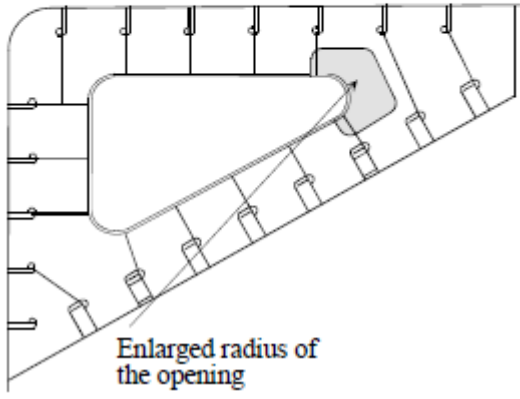
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	10-b	
Detail of damage		Fractures in hatch coaming top plate at the termination of rail for hatch cover	
Sketch of damage 		Sketch of repair 	
Notes on possible cause of damage 1. Stress concentration at the termination of the rail for hatch cover due to poor design of opening.		Notes on repairs 1. Fractured plate is to be cropped and part renewed. 2. Thicker insert plate and/or reduction of stress concentration adopting large radius should be considered. Or cut-out in the rail and detachment of the welds as shown in the above drawing should be considered in order to reduce the stress of the corner of the opening.	

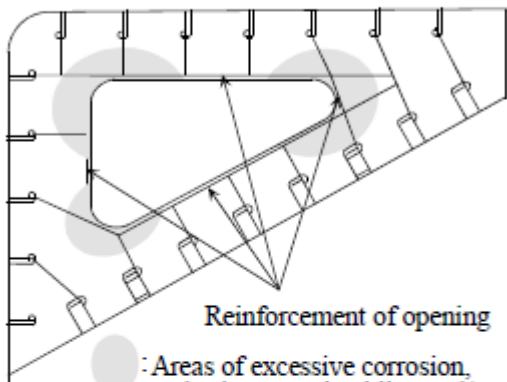
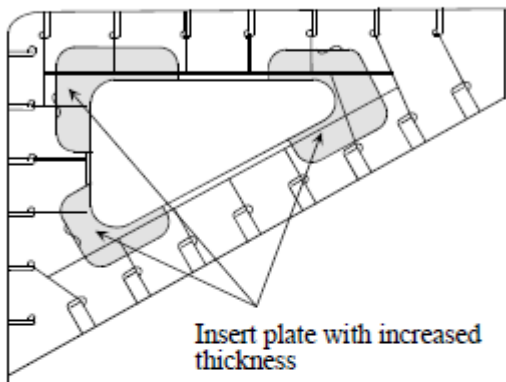
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 1	Deck structure		11
Detail of damage		Fractures in hatch coaming top plate initiated from butt weld of compression bar	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Detail</p>		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy weather 2. Insufficient preparation of weld of compression bar and/or rail (Although the compression bar and rail are not longitudinal strength members, they subject same longitudinal stress as longitudinal members) 3. Crack may initiate from insufficient penetration of weld of rail for hatch cover. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Loading condition of the ship and proper welding procedure should be carefully considered. 2. Fractured structure is to be cropped and renewed if considered necessary. (Small fracture may be veed-out and rewelded.) 3. Full penetration welding should be applied to the butt weld of compression bar and rail. 	

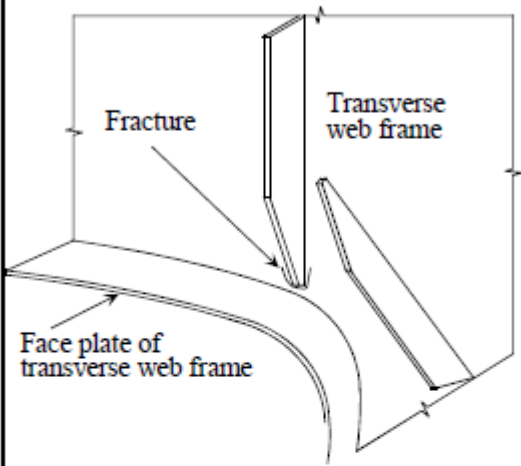
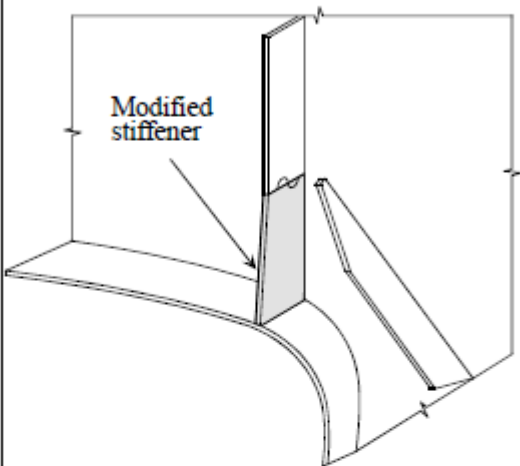
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 1	Deck structure	12	
Detail of damage		Fractures in deck plating at the pilot ladder access of bulwarks	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage 1. Stress concentration at the termination of bulwarks.		Notes on repairs 1. Fractured deck plating should be cropped and part renewed. 2. Reduction of stress concentration should be considered. In the above figure gusset plate was replaced with soft type for the fracture in gusset plate and pad plate was increased. Additional stiffeners were provided for the fracture in deck plating.	

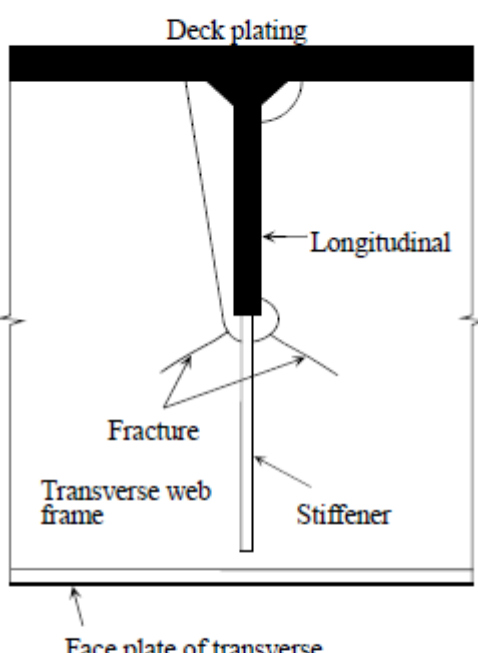
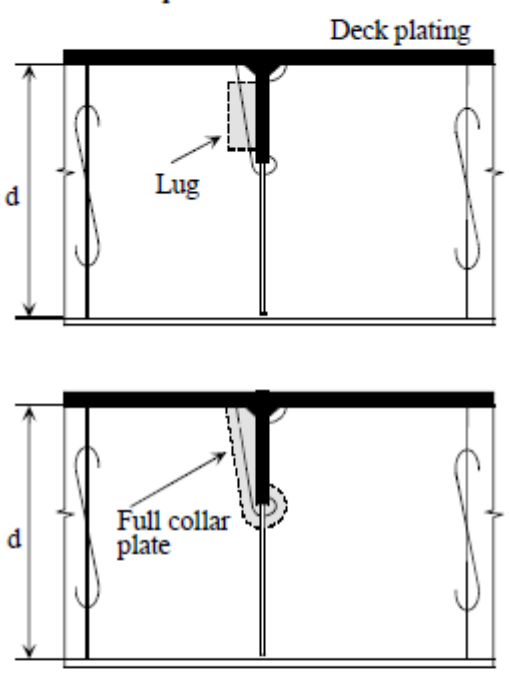
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	1
Detail of damage	Fractures around unstiffened lightening holes and manholes in wash bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
		
Notes on possible cause of damage 1. General levels of corrosion and presence of stress concentration.		Notes on repairs 1. Corroded/fractured plate should be cropped and renewed with plating of enhanced thickness. 2. Reinforcement should be considered.

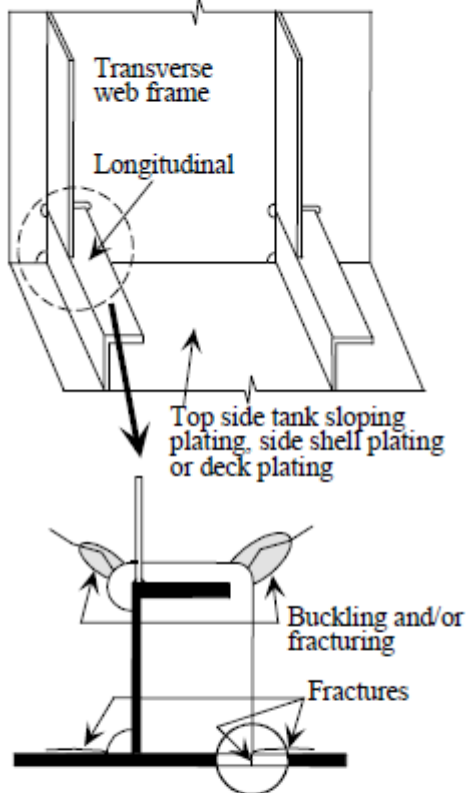
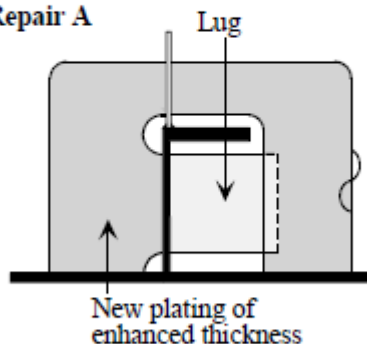
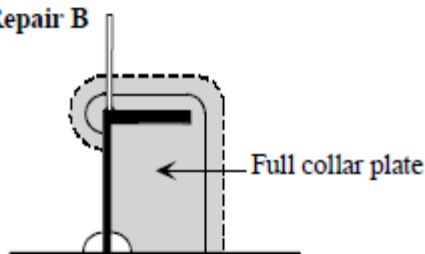
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	2-a
Detail of damage	Thinning and subsequent buckling of web plating in the vicinity of the radii of the opening	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Areas of excessive corrosion, and subsequent buckling and/or</p>		 <p>Additional stiffeners</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient buckling strength. 2. Corrosion due to stress concentration at corners. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Buckled plating is to be cropped and parts renewed, if necessary. 2. Additional stiffeners as shown above and/or renewal with plating of increased thickness should be considered.

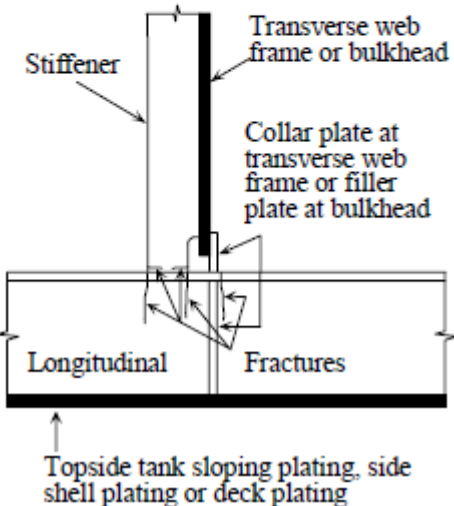
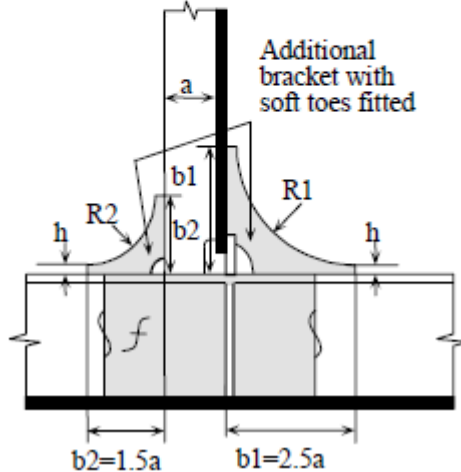
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 2	Topside tank structure	2-b	
Detail of damage		Thinning and subsequent buckling of web plating in the vicinity of the radii of the opening	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Areas of excessive corrosion, and subsequent buckling and/or fracture</p>		 <p>Enlarged radius of the opening</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> Corrosion caused by stress concentration at the corner due to insufficient radius for the opening. 		<ol style="list-style-type: none"> Corroded/buckled plating is to be cropped and parts renewed with plating of increased thickness and additional stiffeners are preferable to minimize deflection. An attempt should be made to improve the design of the radius if felt necessary. 	

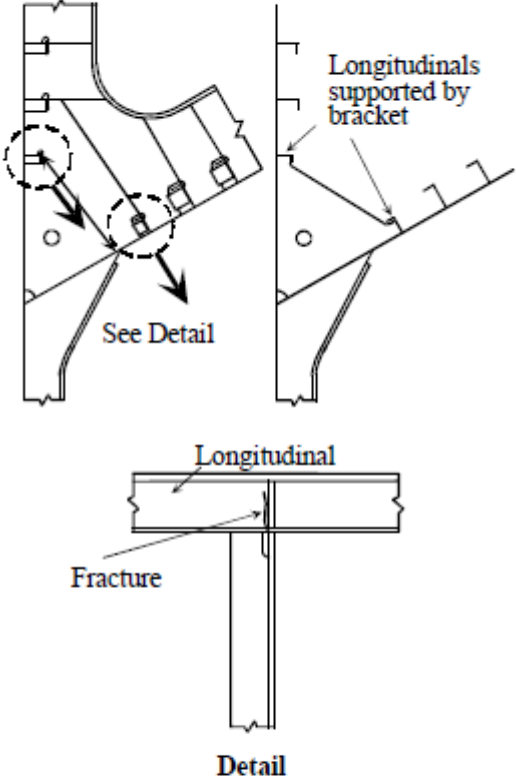
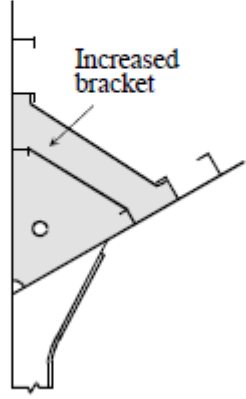
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 2	Topside tank structure	2-c	
Detail of damage	Thinning and subsequent buckling of web plating in the vicinity of the radii of the opening		
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Reinforcement of opening</p> <p>Areas of excessive corrosion, and subsequent buckling and/or</p>		 <p>Insert plate with increased thickness</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
1. Additional stresses at the free edge of transverse web. (In Example 2-a - 2-c face plate is provided for the reinforcement of the opening.)		1. Corroded/buckled plating is to be cropped and part renewed with plating of increased thickness.	

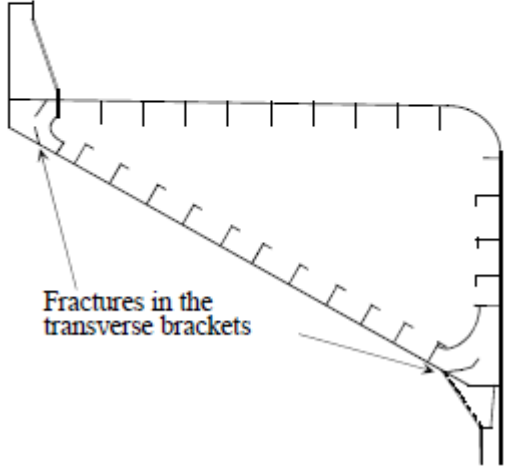
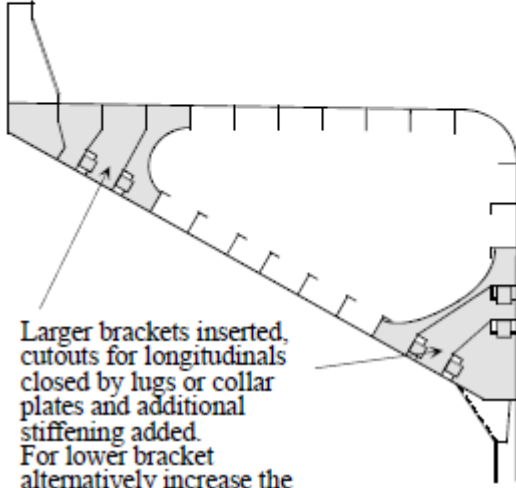
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 2	Topside tank structure	3	
Detail of damage		Fractures in transverse web at sniped end of stiffener	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
1. Stress concentration.		1. Fracture can be veed-out and welded provided the plating is not generally corroded. If necessary, fractured plating should be cropped and renewed. 2. Excessive stress concentration at the end of stiffener should be avoided.	

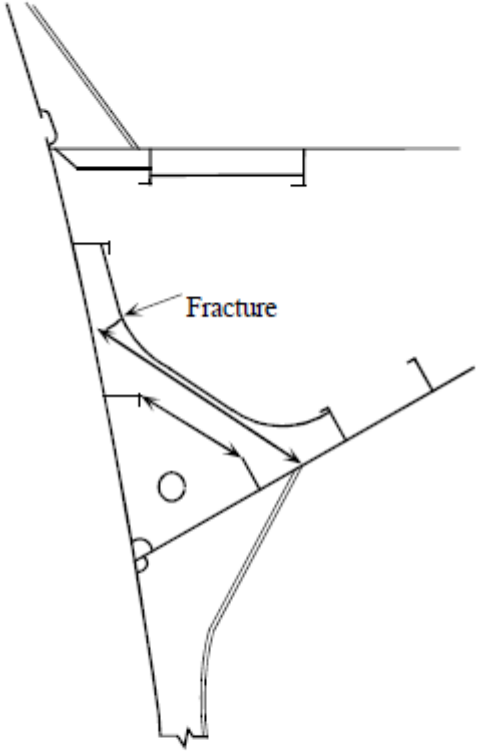
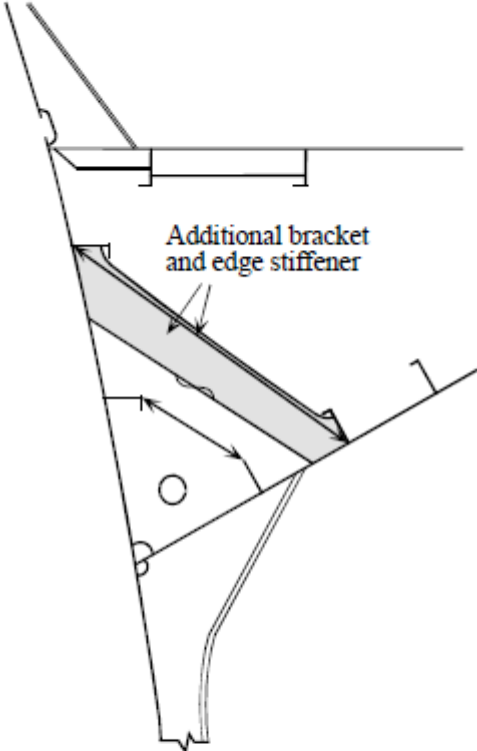
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 2	Topside tank structure	4-a	
Detail of damage		Fractures at slots in way of transverse web frame	
Sketch of damage		Sketch of repair	
		 <p>(Note) Full collar plate where the depth of cut-out is more than 0.4 times the depth of web frame ($0.4d$) and in an areas of high shear stress</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. Damage may be created by local shear stress concentrations due to large cut-outs for notch.2. Also deficient welds (fillet welds between deck longitudinal and stiffener).		<ol style="list-style-type: none">1. Crop and part renew the web plating.2. Close the cut-out by introducing a lug or alternatively fit a full collar plate.	

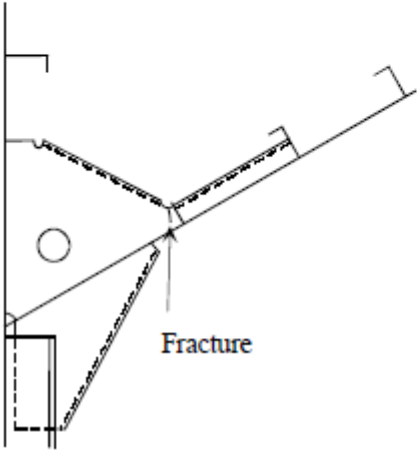
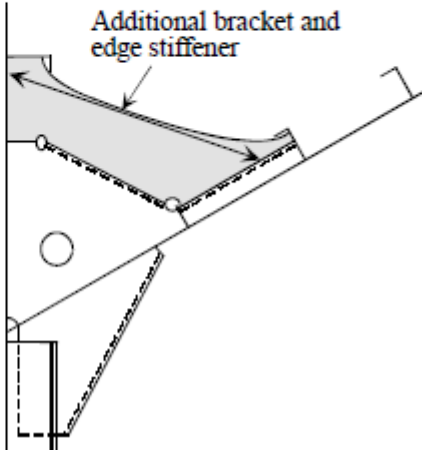
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	4-b
Detail of damage Fractures and buckling at slots in way of transverse web frame		
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Transverse web frame</p> <p>Longitudinal</p> <p>Top side tank sloping plating, side shell plating or deck plating</p> <p>Buckling and/or fracturing</p> <p>Fractures</p>		<p>Repair A</p>  <p>Lug</p> <p>New plating of enhanced thickness</p> <p>Repair B</p>  <p>Full collar plate</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<p>1. Damage can be caused by general levels of corrosion and presence of stress concentration associated with the presence of a cut-out.</p>		<p>1. If fractures are significant then crop and part renew the plating otherwise the fracture can be veed-out and welded provided the plating is not generally corroded.</p> <p>2. Repair A Lug should be considered.</p> <p>3. Repair B Full collar plate should be considered where the depth of cut-out is more than 0.4 times the depth of web frame and in an area of high shear stress or the existing lug proves to be ineffective.</p>

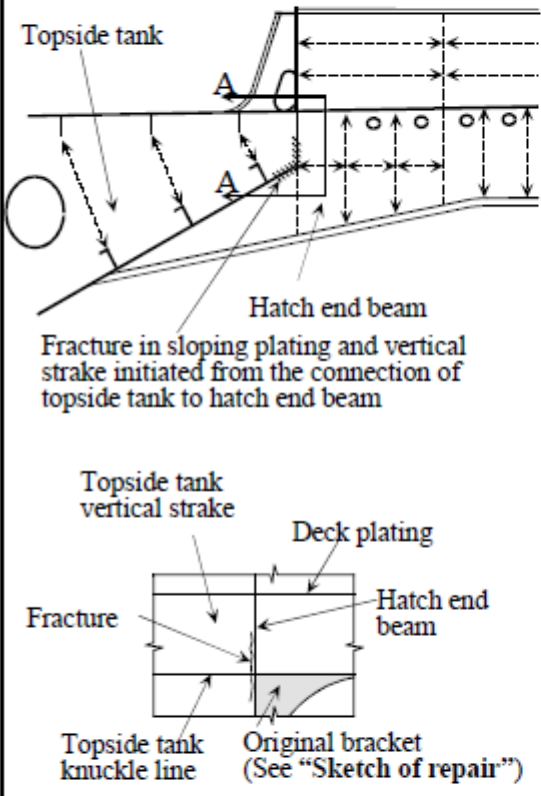
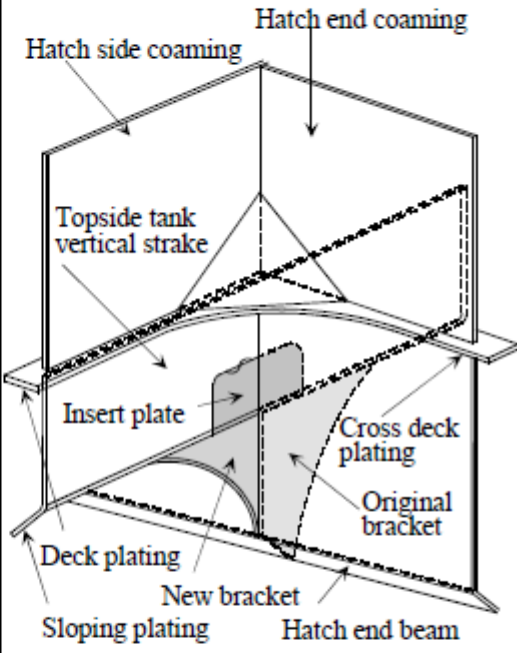
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	5
Detail of damage	Fractures in longitudinal at transverse web frame or bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>f: Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. For a slope at toes max. 1:3, $R1=(b1-h) \times 1.6$ and $R2=(b2-h) \times 1.6$ 2. Soft toe bracket to be welded first to longitudinal 3. Scallop in bracket to be as small as possible, recommended max. 35mm 4. If toes of brackets are ground smooth, full penetration welds in way to be provided 5. Maximum length to thickness ratio =50:1 for unstiffened bracket edge 6. Toe height, h, to be as small as possible (10-15mm)
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal, then crop and part renew. Otherwise the fracture can be veed-out and welded.

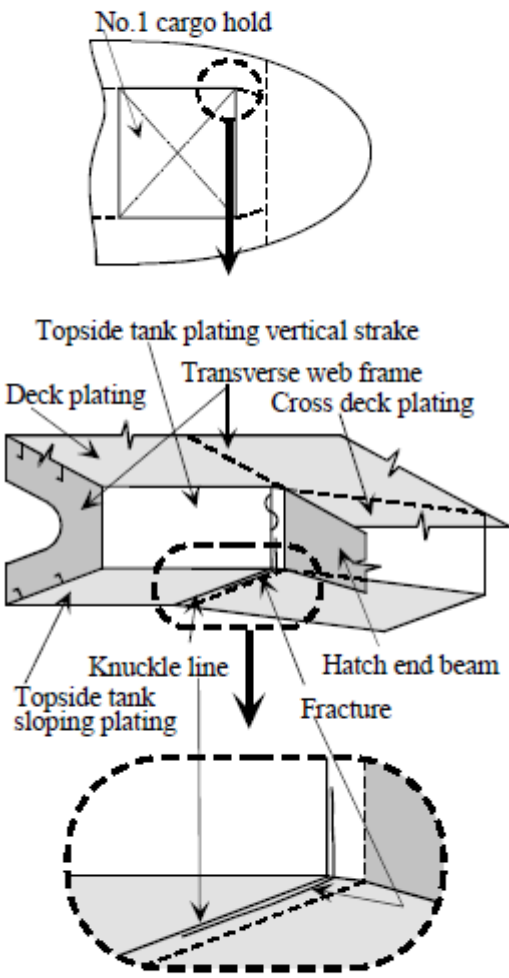
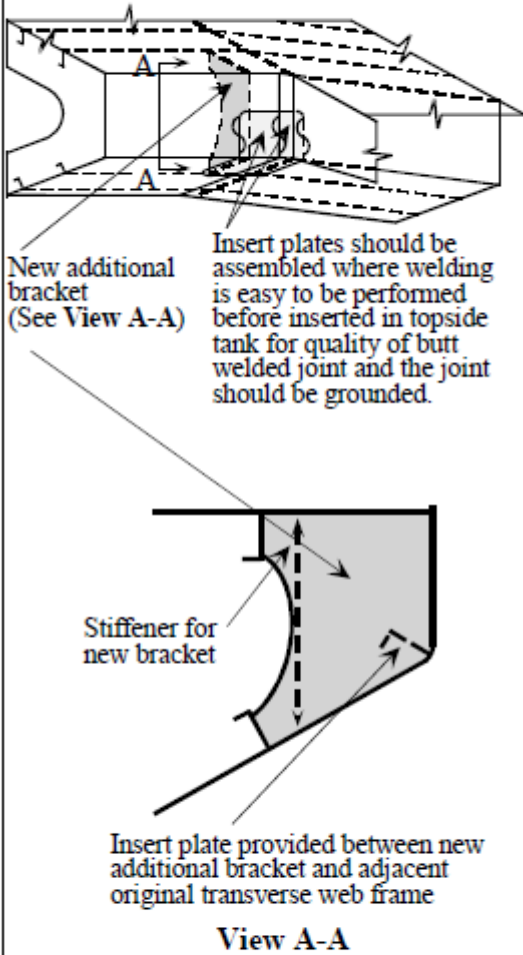
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	6
Detail of damage		Fractures in the lowest longitudinal at transverse web frame
Sketch of damage		
 <p>Longitudinals supported by bracket</p> <p>See Detail</p> <p>Longitudinal</p> <p>Fracture</p> <p>Detail</p>		 <p>Increased bracket</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<p>1. Insufficient scantling for torsional rigidity (The lowest longitudinal is usually supported by bracket(s) as shown in the above and smaller scantling may be adopted. However, the lowest longitudinal undergoes torsion from side shell frame through bracket(s) and may suffer fracture.)</p>		<p>1. Fractured part to be cropped and renewed.</p> <p>2. Size of bracket should be increased</p>

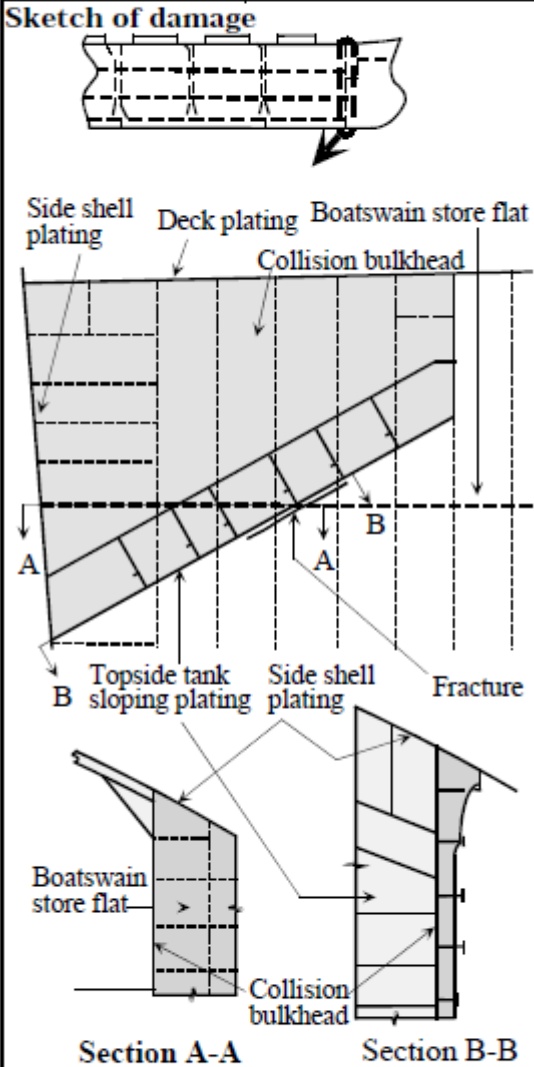
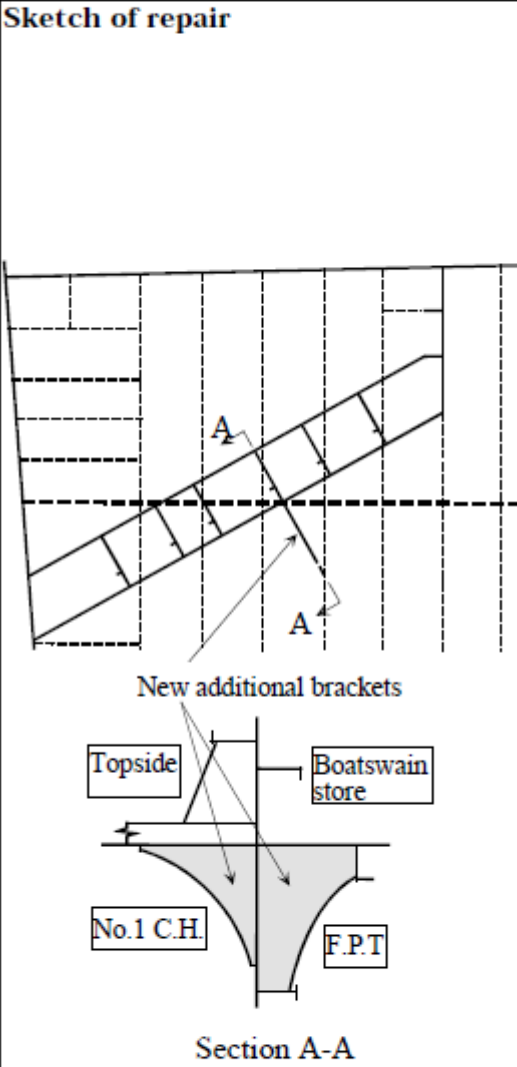
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 2	Topside tank structure	7-a	
Detail of damage		Fractures in transverse brackets	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Fractures in the transverse brackets</p>		 <p>Larger brackets inserted, cutouts for longitudinals closed by lugs or collar plates and additional stiffening added. For lower bracket alternatively increase the thickness</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. General levels of corrosion and presence of stress concentrations. 2. Misalignment of the brackets with adjoining structure, e.g. side shell frame brackets and/or coaming brackets. 3. High shear stresses due to insufficient bracket size. 4. Inadvertent overloading. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. If the damage is caused by misalignment with the side shell frame brackets or the hatch coaming brackets the misalignment is to be rectified and the replacement by larger brackets incorporated only if considered necessary. 	

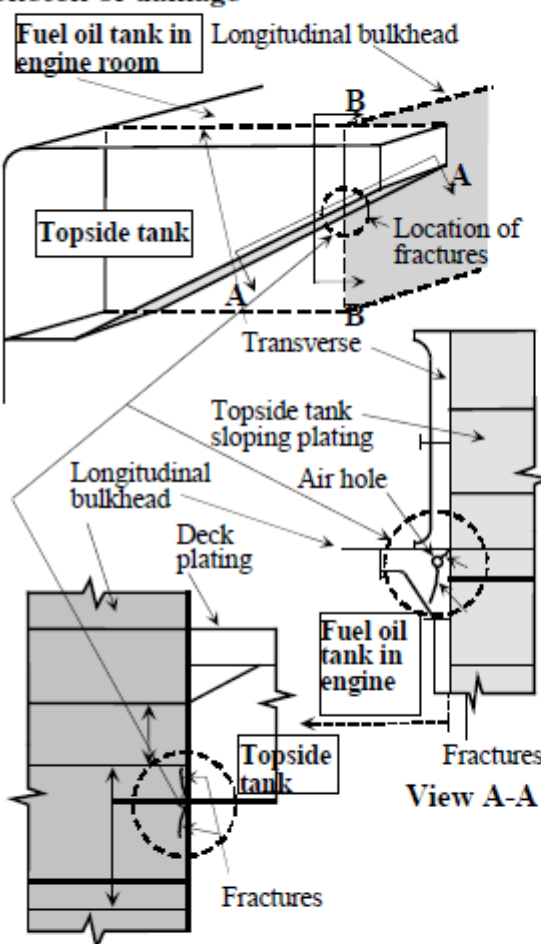
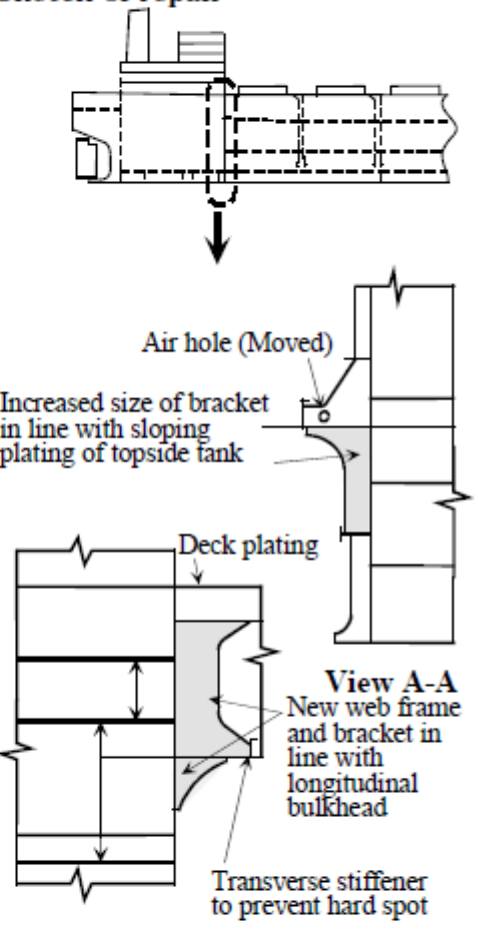
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 2	Topside tank structure	7-b	
Detail of damage		Fractures in transverse bracket	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient strength. 2. Corrosion. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured part to be cropped and renewed. 2. If the fractured part is free from corrosion, increased size and thickness should be considered. Partial renewal of the bracket may be accepted depending on the nature of the fracture. 	

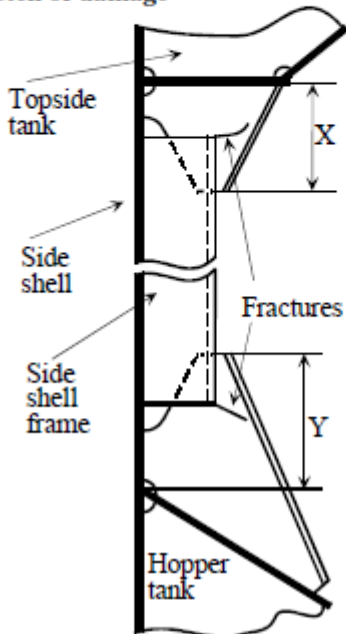
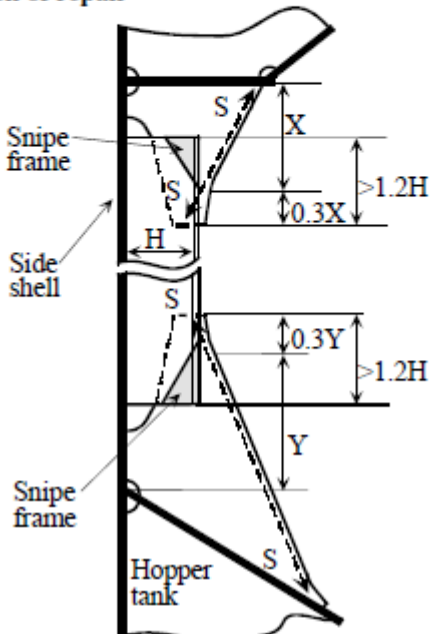
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	7-c
Detail of damage	Fractures at toes of transverse bracket	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Stress concentration due to the shape of the bracket.		1. Cracked weld to be veed-out and rewelded.

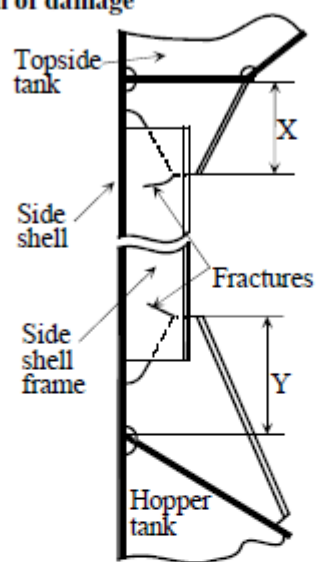
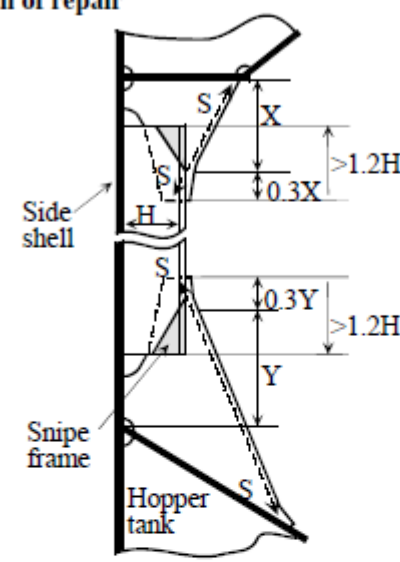
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	8
Detail of damage	Fractures in sloping plating and vertical strake initiated from the connection of topside tank to hatch end beam	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Topside tank</p> <p>Hatch end beam</p> <p>Fracture in sloping plating and vertical strake initiated from the connection of topside tank to hatch end beam</p> <p>Topside tank vertical strake</p> <p>Deck plating</p> <p>Fracture</p> <p>Hatch end beam</p> <p>Topside tank knuckle line</p> <p>Original bracket (See "Sketch of repair")</p> <p>View A-A</p>		 <p>Hatch side coaming</p> <p>Hatch end coaming</p> <p>Topside tank vertical strake</p> <p>Insert plate</p> <p>Cross deck plating</p> <p>Original bracket</p> <p>Deck plating</p> <p>New bracket</p> <p>Sloping plating</p> <p>Hatch end beam</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at the connection of hatch end beam to topside tank. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured part to be cropped and renewed with increased thickness. 2. Additional bracket should be considered for reinforcement.

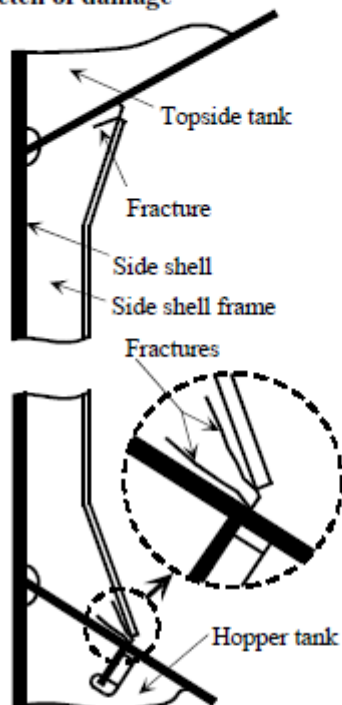
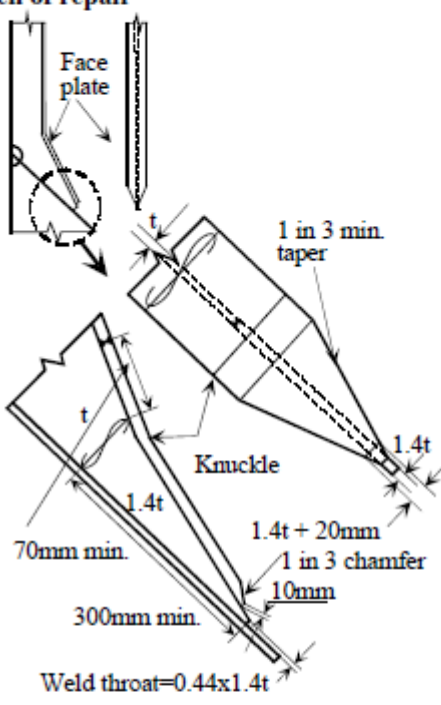
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	9
Detail of damage		Fractures in sloping plating at knuckle
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>No.1 cargo hold</p> <p>Topside tank plating vertical strake</p> <p>Deck plating</p> <p>Transverse web frame</p> <p>Cross deck plating</p> <p>Knuckle line</p> <p>Hatch end beam</p> <p>Topside tank sloping plating</p> <p>Fracture</p>		 <p>New additional bracket (See View A-A)</p> <p>Insert plates should be assembled where welding is easy to be performed before inserted in topside tank for quality of butt welded joint and the joint should be grounded.</p> <p>Stiffener for new bracket</p> <p>Insert plate provided between new additional bracket and adjacent original transverse web frame</p> <p>View A-A</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient strength. 2. Additional stress induced by knuckle. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Knuckle part should be reinforced appropriately.

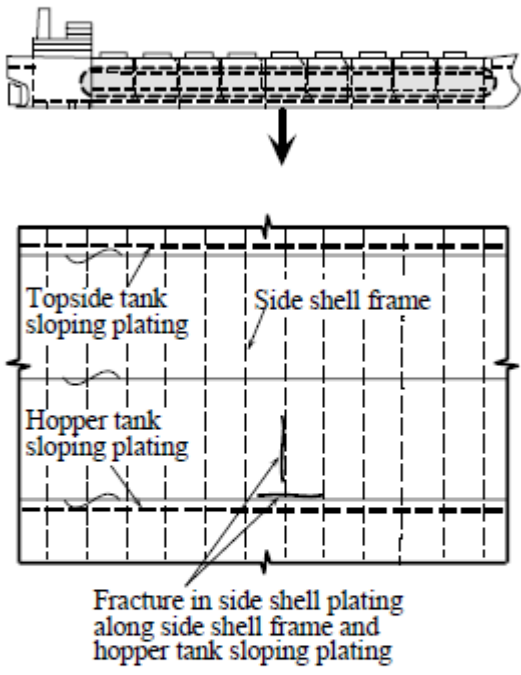
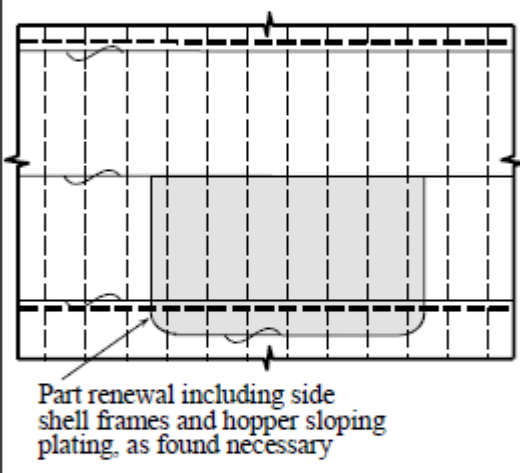
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	10
Detail of damage	Fractures in way of collision bulkhead at intersection with topside tank structure in foremost cargo hold	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Side shell plating Deck plating Boatswain store flat Collision bulkhead</p> <p>Topside tank sloping plating Side shell plating Fracture Boatswain store flat Collision bulkhead</p> <p>Section A-A Section B-B</p>		 <p>New additional brackets</p> <p>Topside Boatswain store No.1 C.H. F.P.T.</p> <p>Section A-A</p>
Notes on possible cause of damage 1. Damage caused by hard spot at intersection of the topside tank sloping plating and boatswain's store deck plating (fore peak tank top plating).		Notes on repairs 1. Fractured plates to be cropped and renewed. 2. Stress concentration should be considered (Brackets were fitted on both sides for reinforcement).

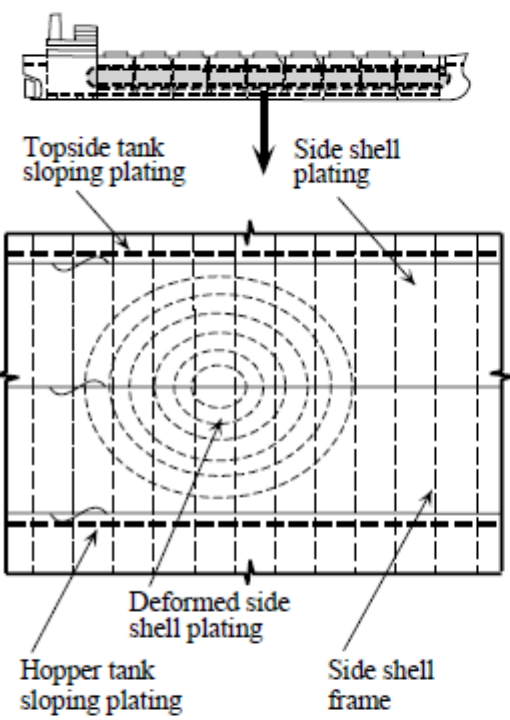
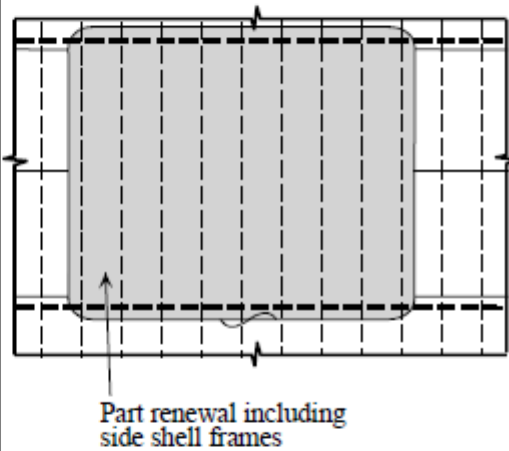
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Topside tank structure	11
Detail of damage Fractures in way of engine room forward bulkhead at intersection with topside tank structure in aftermost cargo hold		
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Fuel oil tank in engine room</p> <p>Longitudinal bulkhead</p> <p>Topside tank</p> <p>Location of fractures</p> <p>Transverse</p> <p>Topside tank sloping plating</p> <p>Longitudinal bulkhead</p> <p>Deck plating</p> <p>Air hole</p> <p>Fuel oil tank in engine</p> <p>Topside tank</p> <p>Fractures</p> <p>View A-A</p>		 <p>Air hole (Moved)</p> <p>Increased size of bracket in line with sloping plating of topside tank</p> <p>Deck plating</p> <p>View A-A</p> <p>New web frame and bracket in line with longitudinal bulkhead</p> <p>Transverse stiffener to prevent hard spot</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Damage caused by hard spot at intersection of the topside tank sloping plating and longitudinal bulkhead of the fuel oil tank in engine room.		1. Fractured plates to be cropped and renewed as necessary and reinforcement fitted as shown shaded above. The position of the air-hole to be relocated.

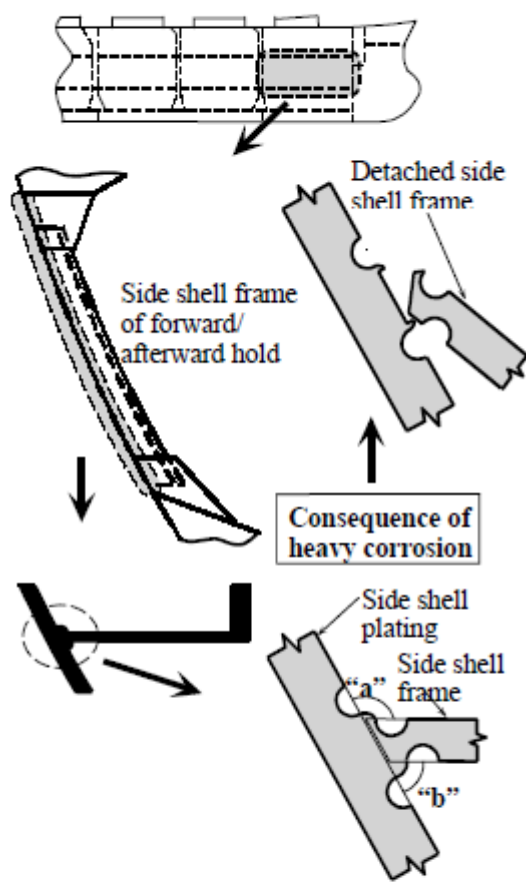
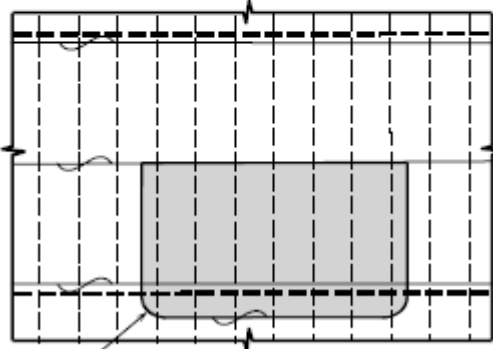
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 3	Cargo hold side structure	1-a	
Detail of damage		Fractures in brackets at termination of frame	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Separate bracket configuration</p>		 <p>S=Snipped end</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<p>1. This type of damage is caused due to stress concentration.</p>		<p>1. For small fractures, e. g. hairline fractures, the fracture can be veed-out, ground, examined by NDT for fractures, and rewelded.</p> <p>2. For larger/significant fractures consideration is to be given to cropping and partly renewing/ renewing the frame brackets. If renewing the brackets, end of frames can be sniped to soften them.</p> <p>3. If felt prudent, soft toes are to be incorporated at the boundaries of the bracket to the hopper plating.</p> <p>4. Attention to be given to the structure in wing tanks in way of the extended bracket arm. i.e. reinforcement provided in line with the bracket.</p>	

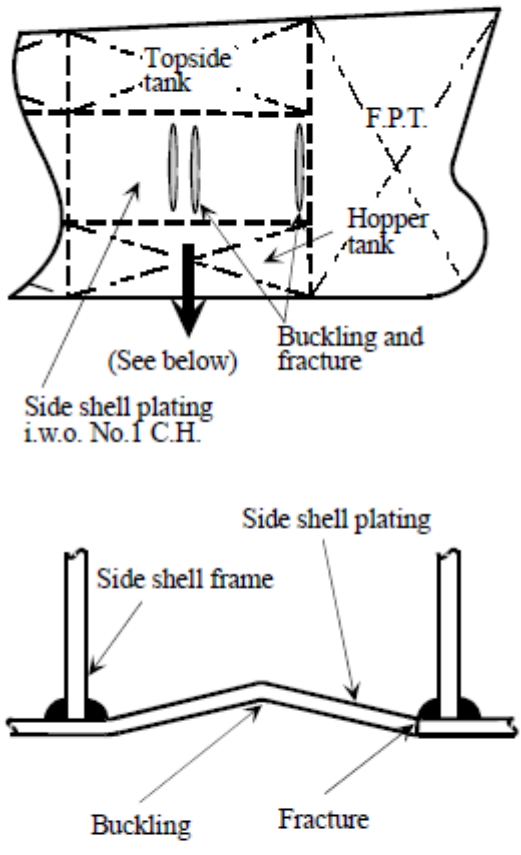
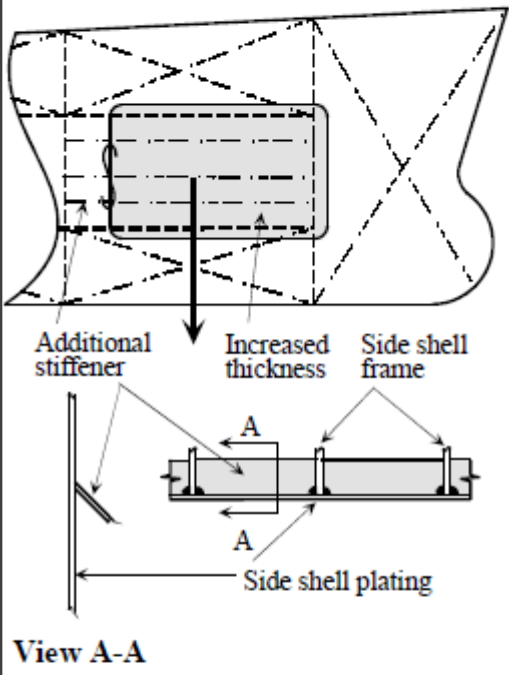
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 3	Cargo hold side structure	1-b	
Detail of damage		Fractures in side shell frame at bracket's toe	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Separate bracket configuration</p>		 <p>S=Snipped end</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<p>1. This type of damage is caused due to stress concentration.</p>		<p>1. For small fractures, e. g. hairline fractures, the fracture can be veed-out, welded up, ground, examined by NDT for fractures, and rewelded.</p> <p>2. For larger/significant fractures consideration is to be given to cropping and partly renewing/ renewing the frame brackets. If renewing the brackets, end of frames can be sniped to soften them.</p> <p>3. If felt prudent, soft toes are to be incorporated at the boundaries of the bracket to the hopper plating.</p> <p>4. Attention to be given to the structure in wing tanks in way of the extended bracket arm. i.e. reinforcement provided in line with the bracket.</p>	

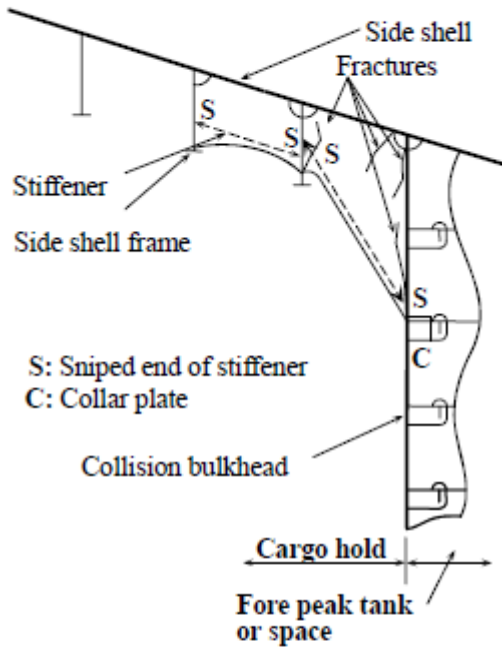
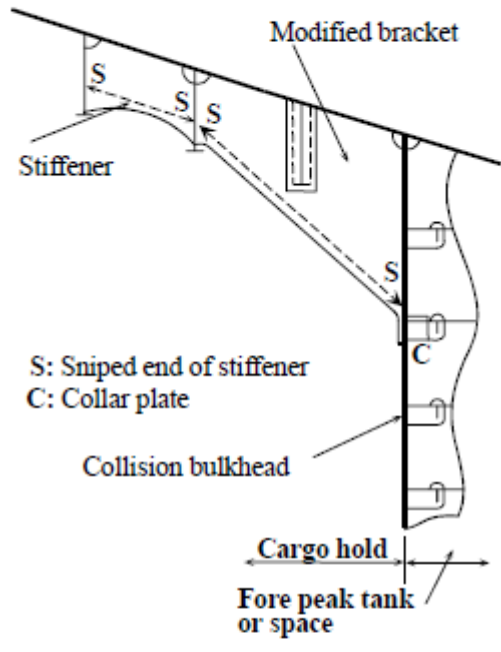
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 3	Cargo hold side structure	2	
Detail of damage		Fractures in side shell frame at bracket's toe	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<p>1. This type of damage is caused due to stress concentration.</p>		<p>1. Repair is to incorporate a design similar to the one shown on the sketch and in addition:-</p> <p>1.1. The arm of the bracket along the hopper/ topside plating should be increased by altering the angle of the bracket face plate. A face plate taper of 1 in 3 should be arranged.</p> <p>1.2. The local thickness of the bracket web plating over the length of the new face plate taper should be increased by about 40% above that originally fitted.</p> <p>1.3. The face plate thickness should be chamfered 1 in 3 to a thickness at its extremity.</p> <p>1.4. Welding of the new bracket toe should be based on a weld factor of 0.44 applied to the increased thickness.</p> <p>2. Attention to be given to the structure in wing tanks in way of the extended bracket arm. I.e. reinforcement provided in line with the bracket.</p>	

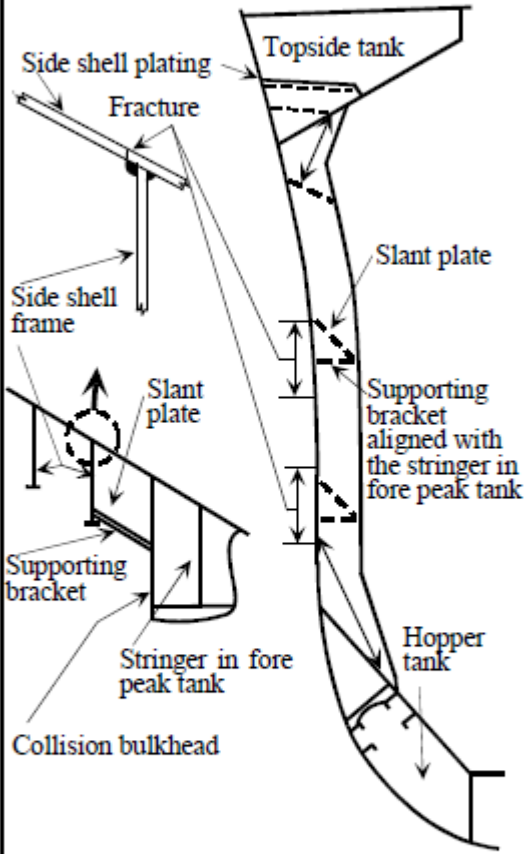
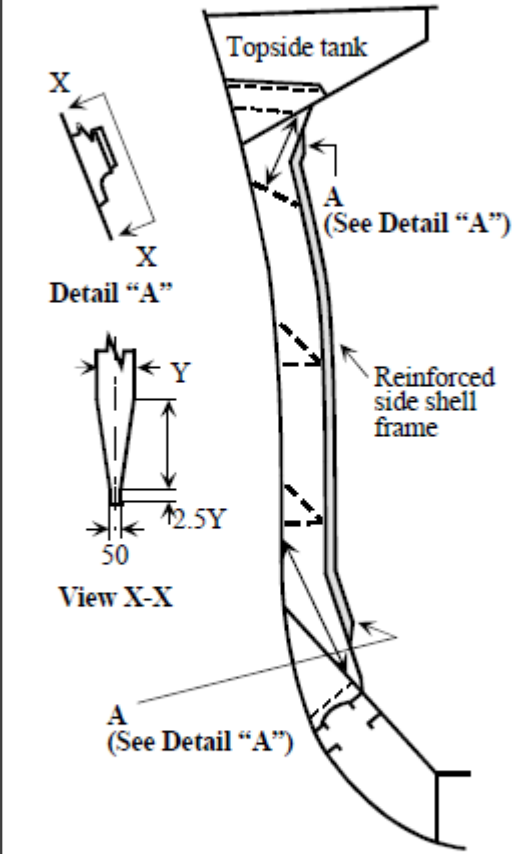
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 3	Cargo hold side structure	3	
Detail of damage		Fractures in side shell frame/lower bracket and side shell plating near hopper	
Sketch of damage		Sketch of repair	
 <p>Topside tank sloping plating</p> <p>Side shell frame</p> <p>Hopper tank sloping plating</p> <p>Fracture in side shell plating along side shell frame and hopper tank sloping plating</p>		 <p>Part renewal including side shell frames and hopper sloping plating, as found necessary</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy corrosion (grooving). Refer to Figure 2 (c). 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Sketch of repair applies when damage extends over several frames. 2. Isolated fractures may be repaired by veeing-out and rewelding. 3. Isolated cases of grooving may be repaired by build up of welding. 	

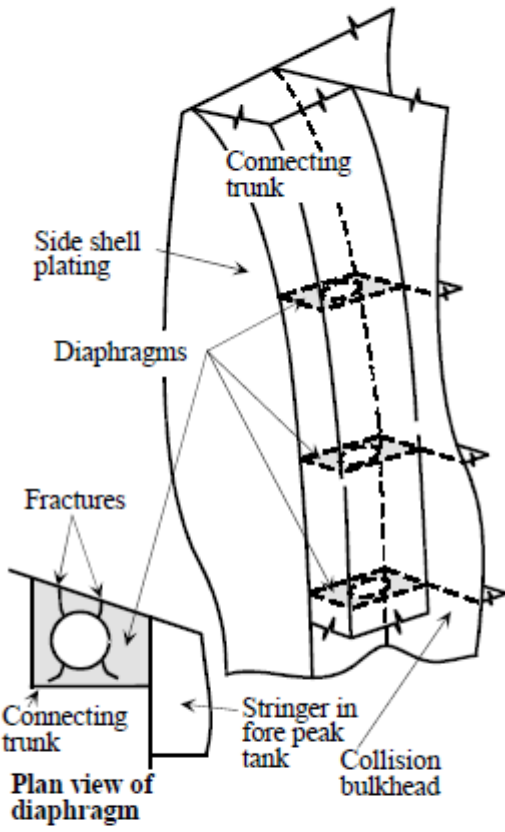
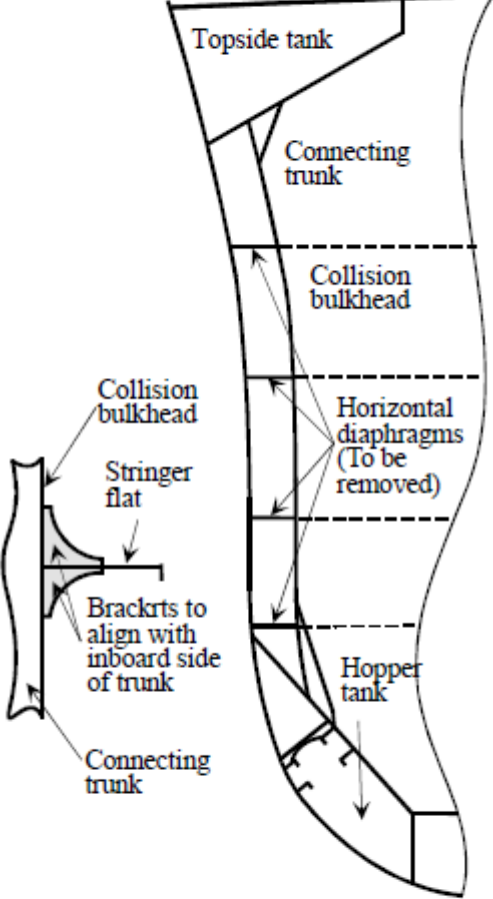
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 3	Cargo hold side structure	4
Detail of damage		Deformation of side shell plating
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient stiffness of side shell frames due to buckling and/or detachment of side shell frames due to corrosion. 2. Heavy weather. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Deformed side shell plating including side shell frames should be cropped and renewed.

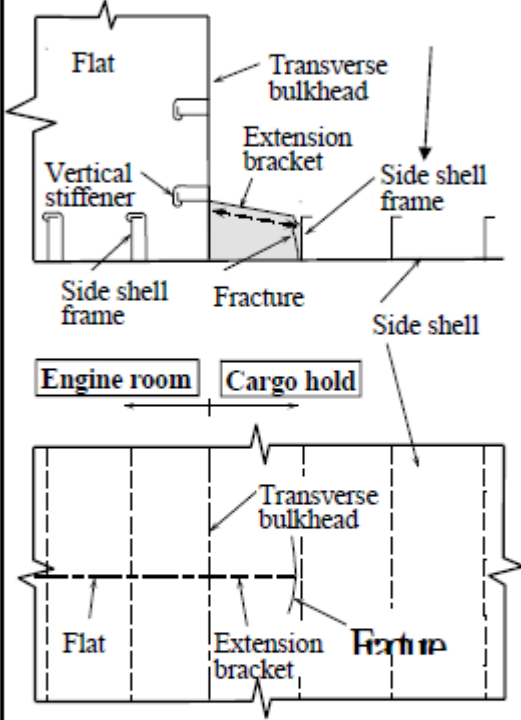
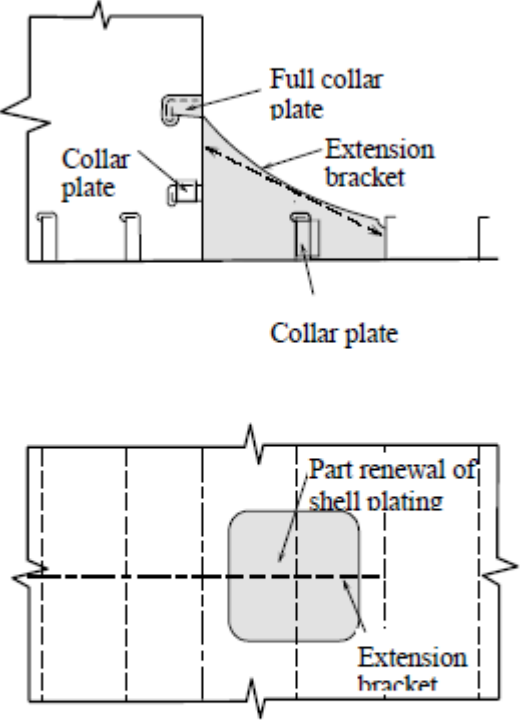
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 3	Cargo hold side structure	5
Detail of damage	Adverse effect of corrosion on the frame of forward/afterward hold	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Detached side shell frame</p> <p>Side shell frame of forward/afterward hold</p> <p>Consequence of heavy corrosion</p> <p>Side shell plating</p> <p>Side shell frame</p> <p>"a"</p> <p>"b"</p>		 <ol style="list-style-type: none"> 1. Part renewal including side shell frames and hopper plating, as found necessary 2. Deep penetration welding at the connections of side shell frames to side shell plating
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy corrosion (grooving) of side shell frame along side shell plating and difference of throat thickness "a" from "b". (Since original throat thickness of "a" is usually smaller than that of "b", if same welding procedure is applied, the same corrosion has a more severe effect on "a", and may cause collapse and/or detachment of side shell frame.) 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Sketch of repair applies when damage extends over several frames. 2. Isolated fractures may be repaired by veeing-out and rewelding. 3. Isolated cases of grooving may be repaired by build up of welding.

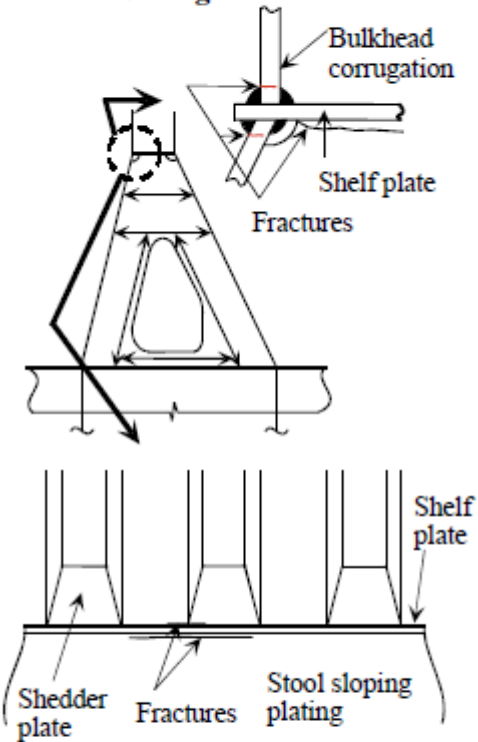
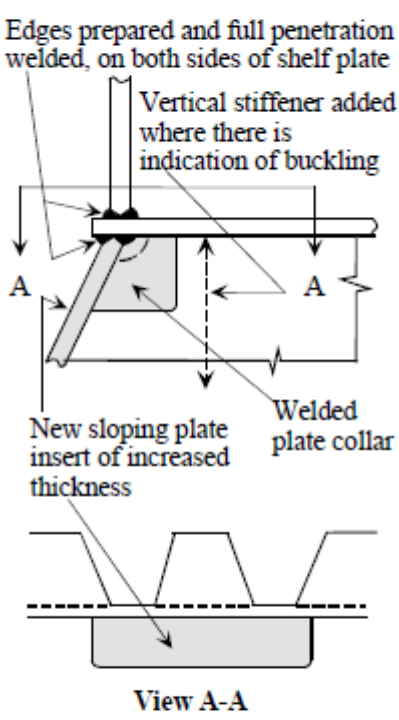
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 3	Cargo hold side structure	6
Detail of damage	Buckling and fractures of side shell plating in foremost cargo hold	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Topside tank</p> <p>F.P.T.</p> <p>Hopper tank</p> <p>(See below)</p> <p>Buckling and fracture</p> <p>Side shell plating i.w.o. No.1 C.H.</p> <p>Side shell frame</p> <p>Side shell plating</p> <p>Buckling</p> <p>Fracture</p>		 <p>Additional stiffener</p> <p>Increased thickness</p> <p>Side shell frame</p> <p>Side shell plating</p> <p>View A-A</p>
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy weather. 2. Insufficient buckling strength due to high tensile steel or heavy uniform corrosion. 3. Inadequate transition structure. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Buckled/fractured side shell plating is to be cropped and renewed. 2. Reinforcement by thicker side shell plating and/or additional stiffeners should be considered.

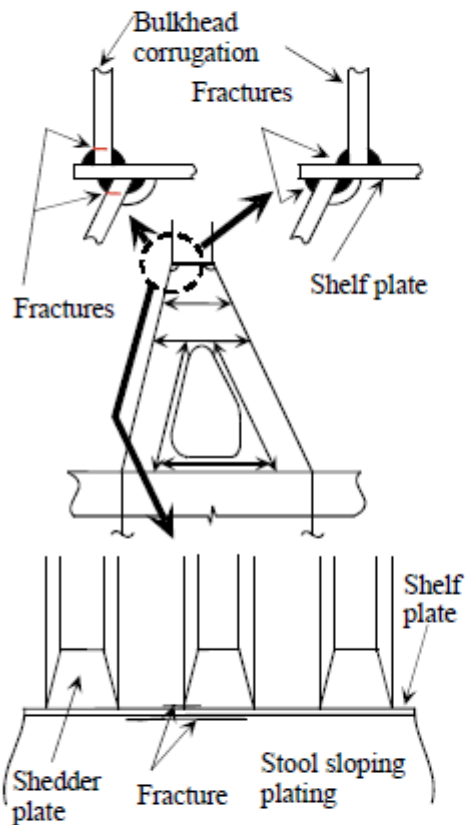
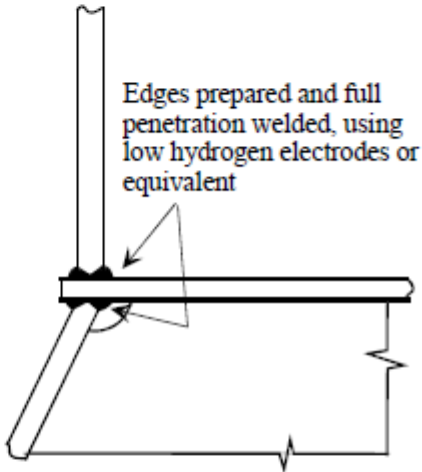
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 3	Cargo hold side structure	7	
Detail of damage		Fractures at the supporting brackets in way of the collision bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. Insufficient bracket size resulting in high stress due to load cantilevered from side frame.2. Stress concentration at toe of bracket and misalignment between bracket and stringer in fore peak tank or space.		<ol style="list-style-type: none">1. The extended bracket arm connection to the collision bulkhead is to have a soft toe, and any cut-outs for stiffeners in the fore peak tank or space are to be collared when situated in the vicinity of the bracket toe.2. When fractures have extended into the side shell or bulkhead plating, the plating is to be cropped and part renewed.	

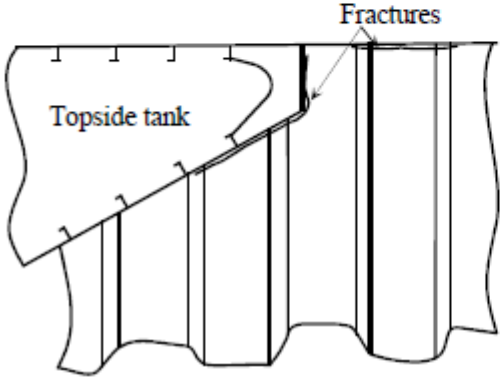
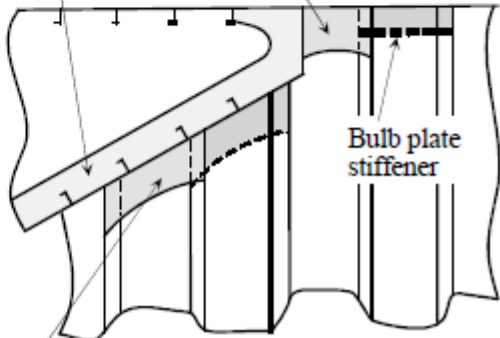
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region		Example No.
Area 3	Cargo hold side structure		8
Detail of damage		Fractures at the supporting brackets in way of the collision bulkhead with no side shell panting stringer in hold	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage 1. Damage caused by stress concentration leading to fatigue fracture in side shell. This has been exacerbated because of the greater flexibility of the hold structure in relation to the structure forward of the collision bulkhead.		Notes on repairs 1. Fractured shell plates to be cropped and part renewed, and side shell frame/frames in the vicinity of the damage to be reinforced as required by the relevant Classification Society.	

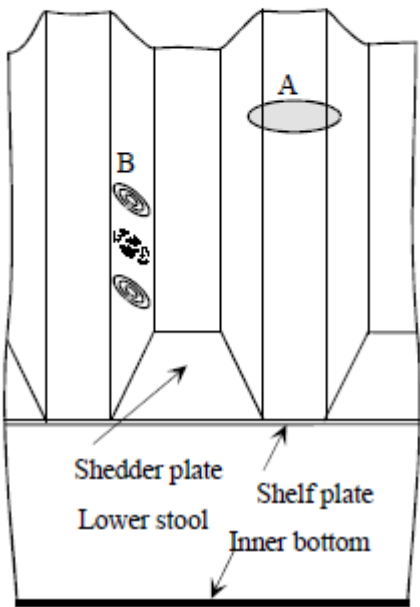
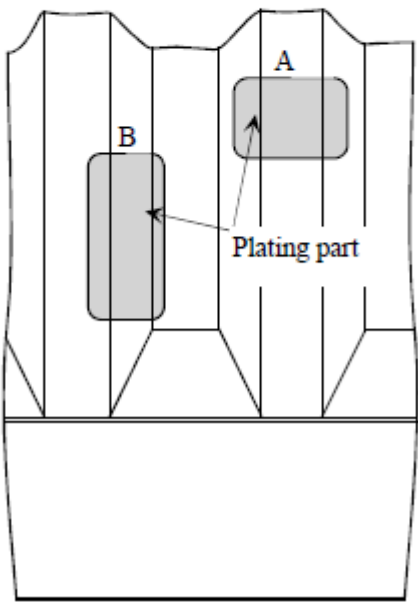
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 3	Cargo hold side structure	9	
Detail of damage		Fractures in way of horizontal diaphragm in the connecting trunk between topside tank and hopper double bottom tank, on after side of collision bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage 1. Damage caused by stress concentration resulting from the discontinuity created by the trunk and diaphragm structure. This has been exacerbated because of the greater flexibility of the hold structure in relation to the trunk and structure forward of the collision bulkhead.		Notes on repairs 1. Diaphragm to be removed permanently and fractured shell plated cropped and part renewed, or veed and weld as necessary in way of damage. Brackets with softened toes are to be fitted on forward side of collision bulkhead in way of stringers/flats to align with inboard side of trunk in order to remove hard-spots.	

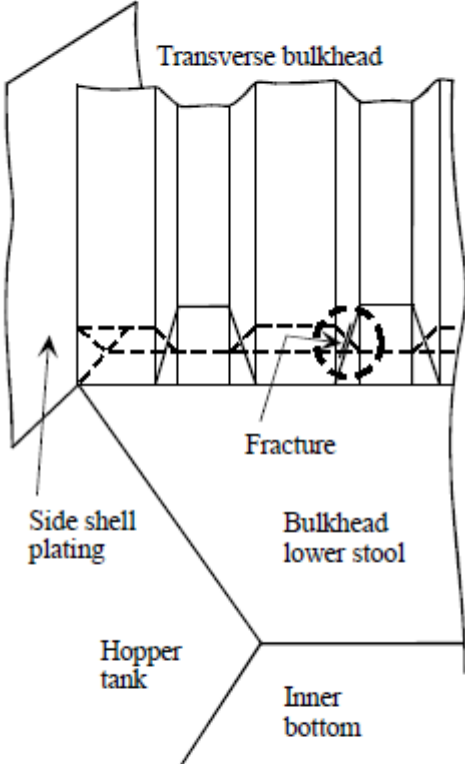
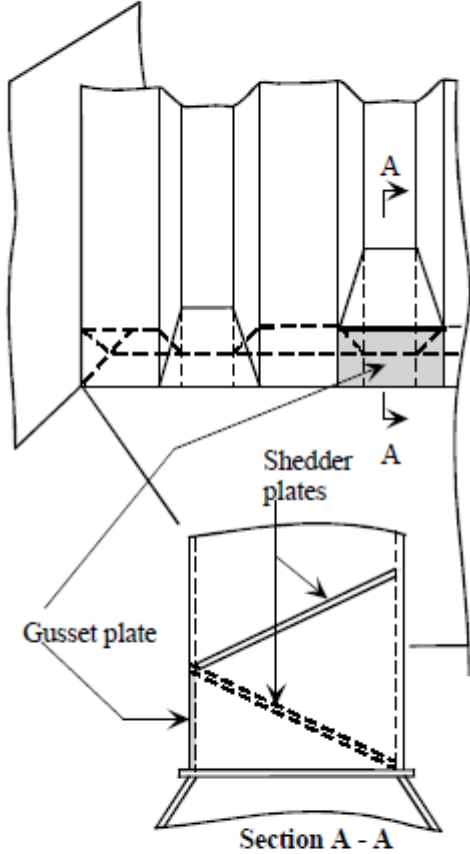
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 3	Cargo hold side structure	10
Detail of damage	Fractures in way of continuation/extension brackets in aftermost hold at the engine room bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Damage caused by stress concentration leading to fatigue fracture on side shell. This will be exacerbated because of the greater flexibility of the hold structure in relation to the engine room structure. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. The fractured shell plating is to be cropped and part renewed as necessary. 2. Extension bracket is to be modified and collar plates to cut-outs in engine room flat are to be installed.

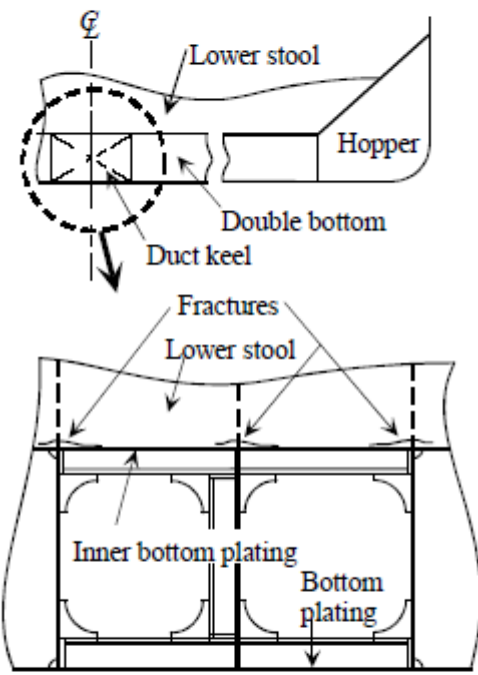
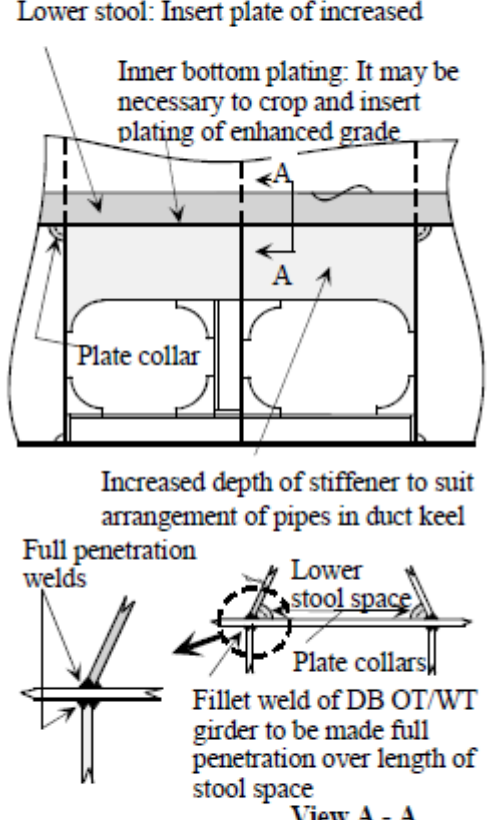
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	1-a
Detail of damage		Fractures at weld connections to stool shelf plate
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>The sketch of damage consists of two parts. The top part is a perspective view of a bulkhead corrugation connected to a shelf plate. Arrows point to 'Bulkhead corrugation', 'Shelf plate', and 'Fractures' at the weld line. The bottom part is a plan view showing 'Shedder plate', 'Fractures', and 'Stool sloping plating' connected to a 'Shelf plate'.</p>		 <p>The sketch of repair consists of two parts. The top part is a perspective view showing 'Edges prepared and full penetration welded, on both sides of shelf plate', a 'Vertical stiffener added where there is indication of buckling', a 'New sloping plate insert of increased thickness', and a 'Welded plate collar'. Section lines 'A-A' are indicated. The bottom part is 'View A-A', a cross-section showing the repair details.</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentrations at welds adjacent to the scallops. 2. Inadequate welding area connecting corrugation flange to shelf plate or similarly sloping stool plating to shelf plate. 3. Inadequate thickness of sloping plating in relation to corrugation flange thickness. 4. Stress concentration at knuckle of corrugation where web is not supported by bracket inside the stool. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractures to be veed-out and rewelded. 2. Reductions in stress concentration by fitting welded plate collars in way of the scallop. 3. Where necessary an insert plate to be arranged in stool plating and/or diaphragm.

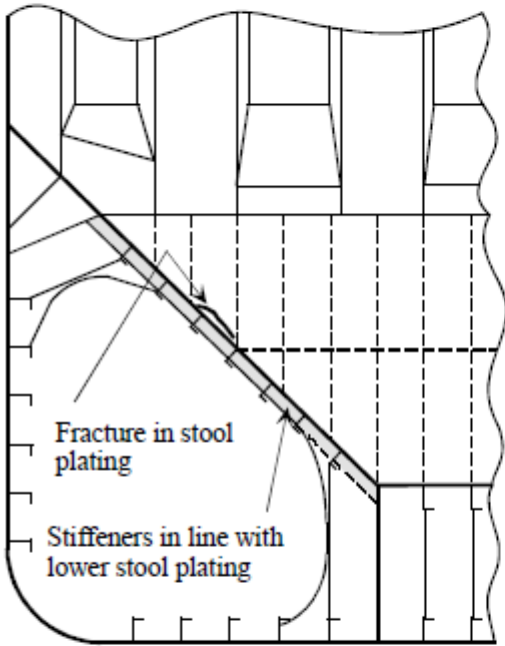
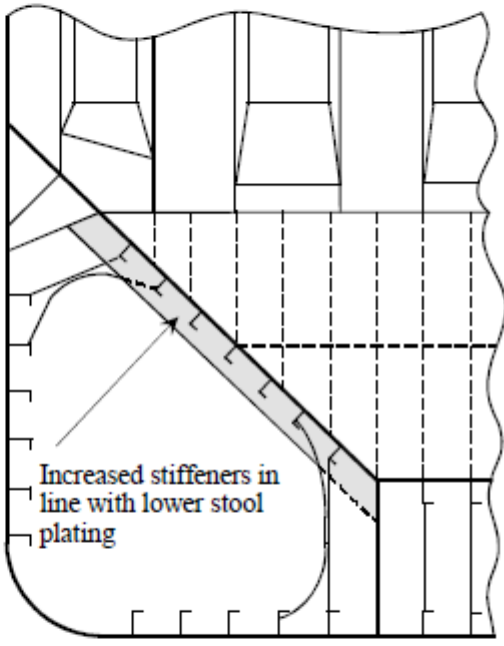
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	1-b
Detail of damage		Fractures at weld connections to stool shelf plate
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Misalignment between corrugation flange and sloping stool plating. 2. Inadequate welding area connecting corrugation flange to shelf plate or similarly sloping stool plating to shelf plate. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractures to be veed-out and rewelded. 2. Structure to be released and misalignment rectified. 3. Edge of the corrugated bulkhead and the stool plating on both sides of shelf plate to have full penetration welds. 4. Where necessary an insert plate to be arranged in stool plating.

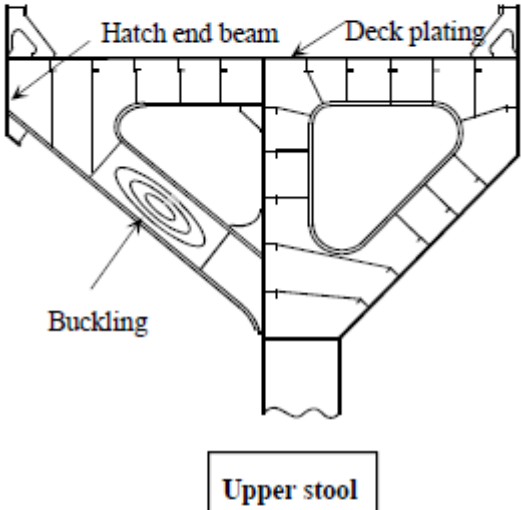
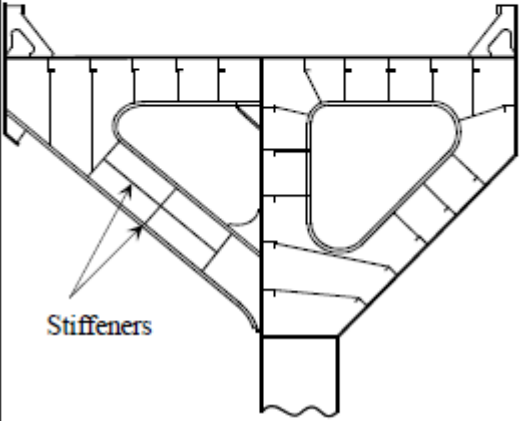
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	2
Detail of damage		Fractures at the upper boundaries to topside tanks
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>The diagram shows a cross-section of a ship's hull. A 'Topside tank' is labeled on the left. To its right, a vertical structure is shown with several vertical lines indicating 'Fractures' at the upper boundaries where it meets the topside tank.</p>		<p>Continuous or intercostal reinforcement in line with flanges or gussets where not already fitted</p> <p>Adjacent to the topside tank either a gusset to a bulb plate stiffener may be</p>  <p>Bulb plate stiffener</p> <p>Gusset(similar gusset on the opposite</p> <p>The repair sketch shows the same hull section as the damage sketch. It illustrates the addition of a 'Gusset' (a horizontal plate) and a 'Bulb plate stiffener' (a vertical plate) to reinforce the structure. Arrows point to these new components. Text above the diagram states: 'Continuous or intercostal reinforcement in line with flanges or gussets where not already fitted'. Text below the diagram states: 'Adjacent to the topside tank either a gusset to a bulb plate stiffener may be'. A label 'Bulb plate stiffener' points to the vertical reinforcement, and 'Gusset(similar gusset on the opposite' points to the horizontal reinforcement.</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Damage due to poor design and/or defective welds. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractures may be veed-out and rewelded. If necessary corrugated plating cropped and renewed. 2. It is recommended that reinforcement as shown above be incorporated, giving due consideration to the following criteria: <ol style="list-style-type: none"> 2.1 It is important to have the gusset plates well aligned with the transverse structure inside the tank. Gusset plates may be joggled to obtain this alignment. 2.2 If there is no transverse web already existing inside the topside tank and in line with the flanges of corrugation or gusset plates, reinforcement as shown above to be fitted.

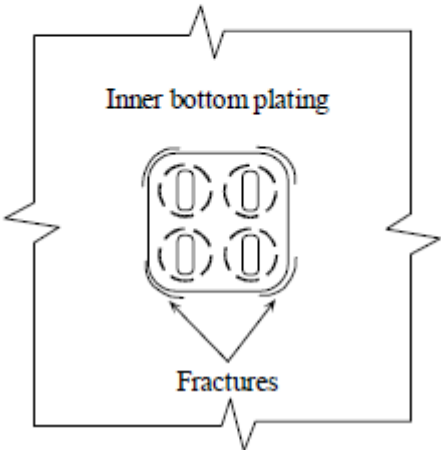
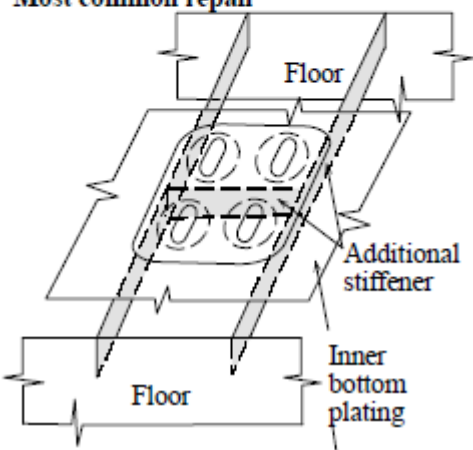
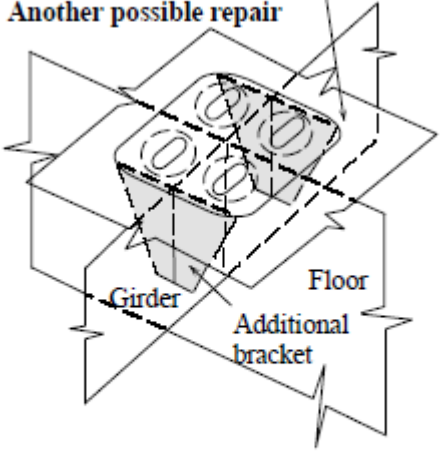
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	3
Detail of damage		Indentation and buckling of vertical corrugation
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Damages by mechanical abuse during cargo handling e.g. grab damage. 2. Damage resulting from thickness reduction by corrosion. 3. Buckling caused by bending or shear, see locations A and B respectively above, with a minimum reduction in thickness could be caused by underdesign or overloading. If this cause is suspected, the Classification Society concerned shall be contacted before proceeding with repairs. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Damage by mechanical abuse If the indentation/buckling is local and of a minor nature, the plating can be faired in place. If the deformation is more pronounced and/or in association with a generalized reduction in thickness the plating is to be cropped and renewed, as shown at locations A and B above. 2. Damage resulting from corrosion In this case thickness measurements are to be taken at mid-span and top and bottom of corrugations, and corrugations renewed or part renewed as necessary. Particular attention is to be given to the fit and alignment at corners of flanged corrugations when being partly renewed.

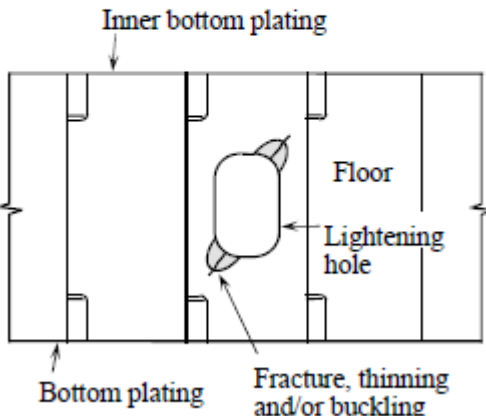
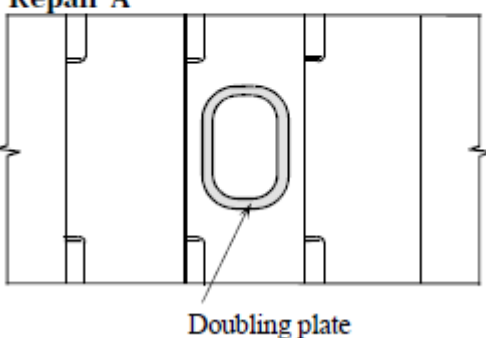
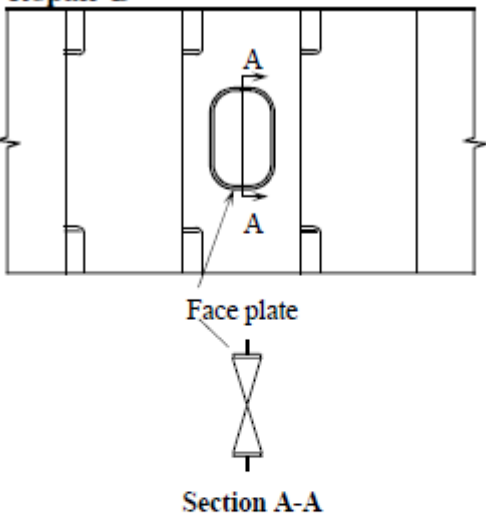
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	4
Detail of damage	Fractures in the web of the corrugation initiating at intersection of adjacent shedder plates	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Transverse bulkhead</p> <p>Fracture</p> <p>Side shell plating</p> <p>Bulkhead lower stool</p> <p>Hopper tank</p> <p>Inner bottom</p>		 <p>Shedder plates</p> <p>Gusset plate</p> <p>Section A - A</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Damage due to stress concentrations at intersection of shedder plates. This can be exacerbated by corrosion and reduction in thickness of the corrugation web plating. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. If due to wastage, corrugation plating and shedder plates to be part renewed/renewed as necessary. 2. Where renewals are being carried out it may be prudent to fit the extension pieces shown above to change the location of the point of intersection, and hence reduce the stress concentration.

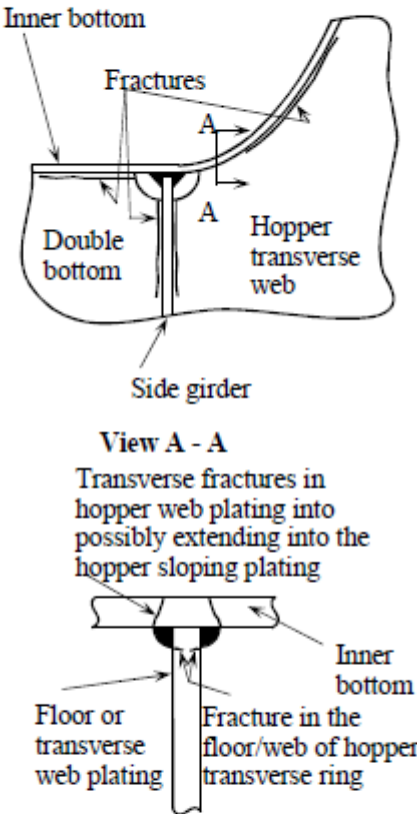
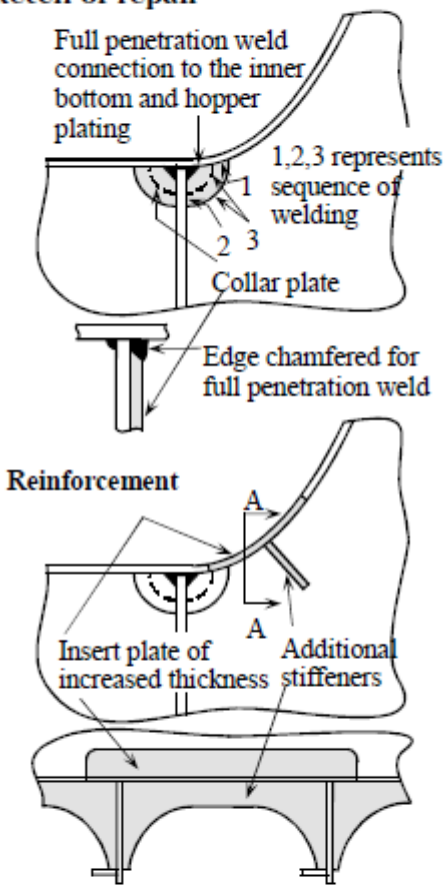
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	5
Detail of damage	Fractures at weld connection of lower stool plating to inner bottom in way of duct keel	
Sketch of damage		Sketch of repair
		<p>Lower stool: Insert plate of increased</p> <p>Inner bottom plating: It may be necessary to crop and insert plating of enhanced grade</p>  <p>View A - A</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. This type of failure is more likely to occur at the boundaries of the ballast hold. 2. The fractures arise because of stress concentration in way of cut-outs and exacerbated by the flexibility of the inner bottom structure in way of the duct keel. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. In order to prevent recurrence of the damage, the additional reinforcement shown should be fitted.

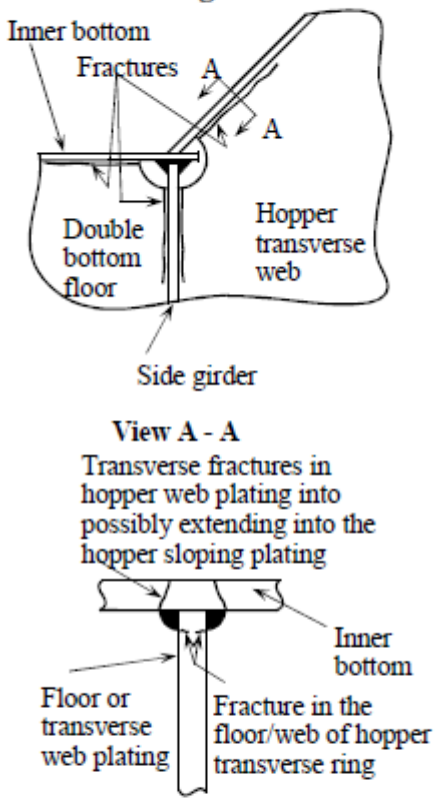
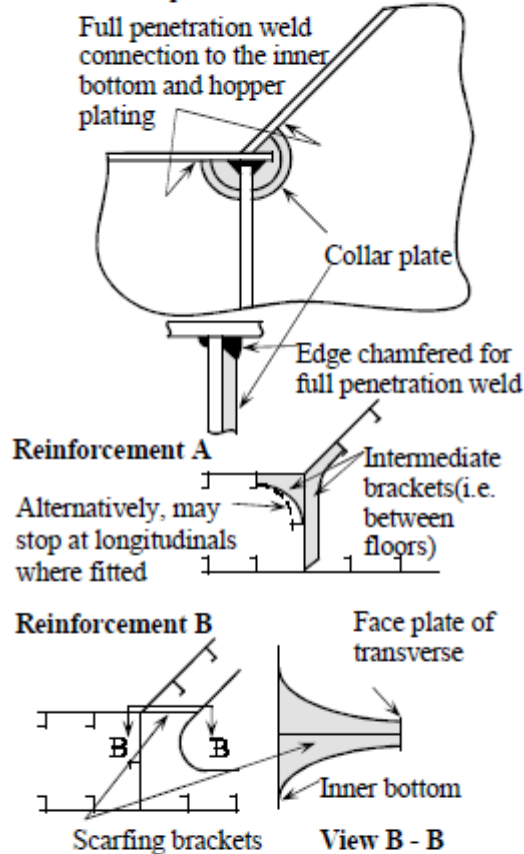
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	6
Detail of damage		Fractures at the connection of lower stool to hopper
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient strength of the connection 2. Corrosion 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured stool plating should be partly cropped and renewed (thicker plate) if considered necessary. 2. If the damage occurred due to insufficient strength, stiffeners in line with stool plating should be increased.

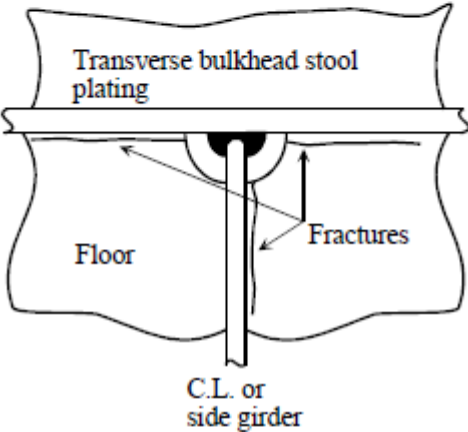
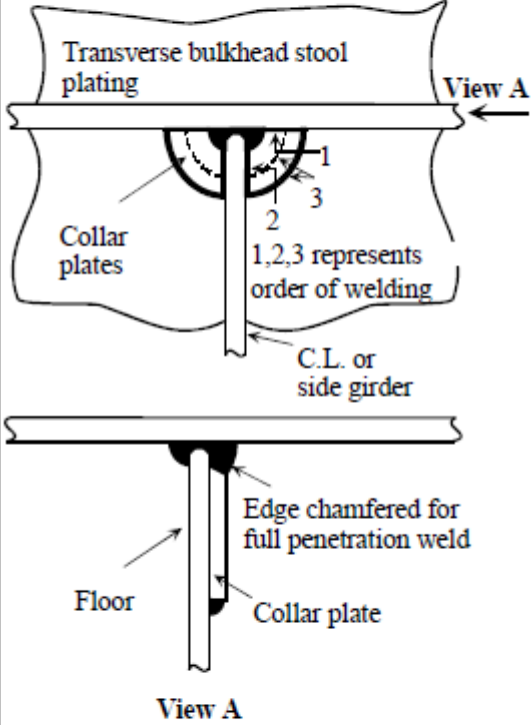
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 4	Transverse bulkhead and associated structure in cargo hold	7	
Detail of damage		Buckling of strut supporting hatch end beam	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient strength 2. Partial ballast loading in ballast cargo hold (sloshing) 3. Corrosion 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Deformed part to be cropped and renewed if considered necessary. 2. If the damage occurred due to insufficient strength, appropriate reinforcement is to be considered (thicker plate/additional stiffener(s)). 	

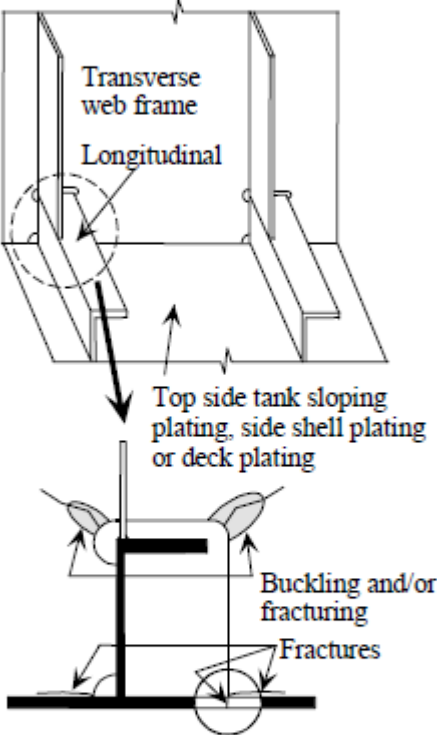
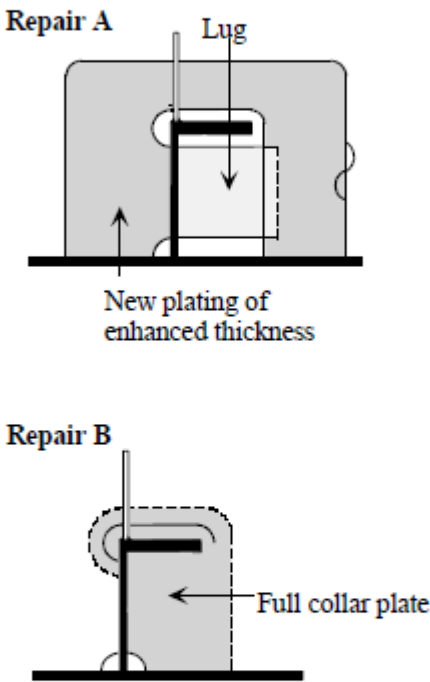
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure including hopper	1
Detail of damage Fractures in inner bottom plating around container bottom pocket		
Sketch of damage		Sketch of repair
		<p>Most common repair</p>  <p>Another possible repair</p> 
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Pocket is not supported correctly by floor, longitudinal and/or stiffener.		1. Fractured plating should be cropped and part renewed. 2. Adequate reinforcement should be considered.

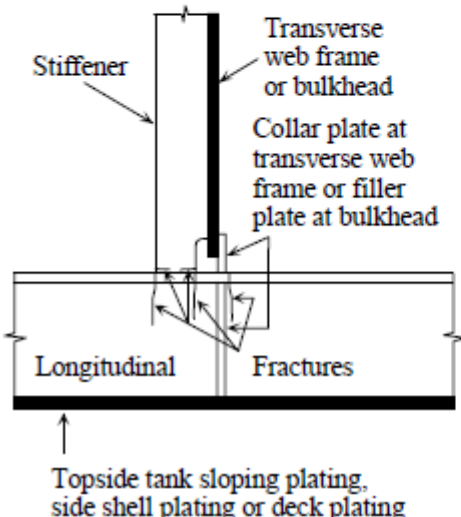
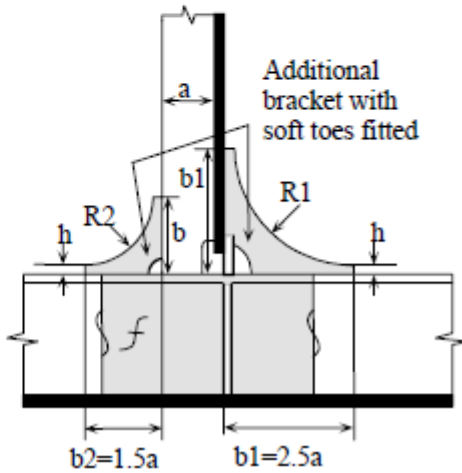
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 5	Double bottom structure including hopper	2	
Detail of damage		Fractures, corrosion and/or buckling of floor/girder around lightening hole	
Sketch of damage 		Sketch of repair Repair A  Repair B 	
Notes on possible cause of damage 1. Insufficient strength due to lightening hole. 2. Fracture, corrosion and/or buckling around lightening hole due to high stress.		Notes on repairs 1. Fractured, corroded and/or buckled plating should be cropped and renewed if considered necessary. 2. Appropriate reinforcement should be considered.	

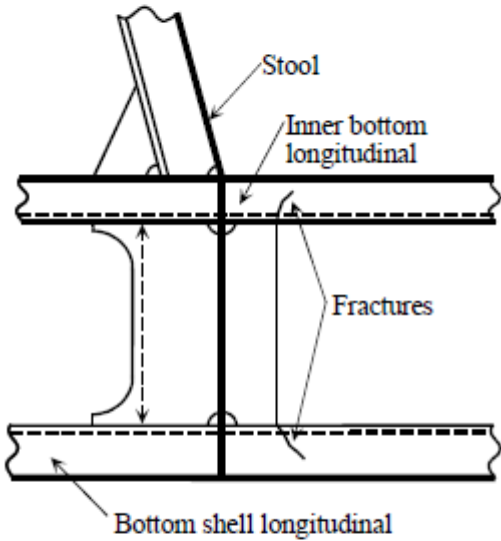
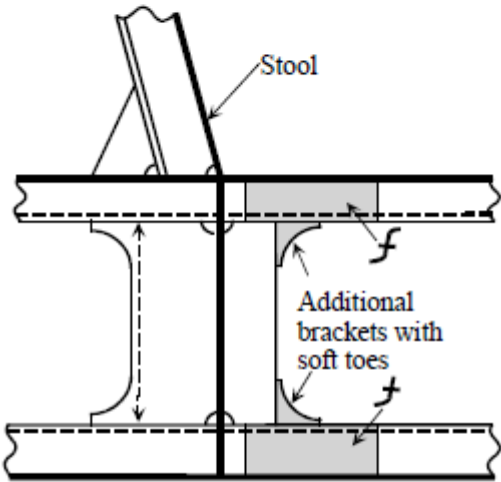
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	3
Detail of damage	Fractures at weld connections of floors in way of hopper/inner bottom interface (radiused knuckle)	
Sketch of damage  <p>View A - A Transverse fractures in hopper web plating into possibly extending into the hopper sloping plating</p> <p>Fracture in the floor/web of hopper transverse ring</p>		Sketch of repair  <p>Full penetration weld connection to the inner bottom and hopper plating</p> <p>1,2,3 represents sequence of welding</p> <p>Collar plate</p> <p>Edge chamfered for full penetration weld</p> <p>Reinforcement</p> <p>Insert plate of increased thickness</p> <p>Additional stiffeners</p>
Notes on possible cause of damage 1. The damage is partly due to stress concentrations at the edges of the weld created by the presence of cut-outs and local stress variations caused by the deflections in the inner bottom/hopper plating.		Notes on repairs 1. The fracture in the weld and/or plating is veed-out/cropped and renewed as appropriate. 2. The cut-outs are eliminated by introducing suitable collar plate with emphasis on edge preparation and sequence of welding as shown above. 3. Further reinforcements may need to be carried out as shown above, however, after consultation with the Classification Society concerned.

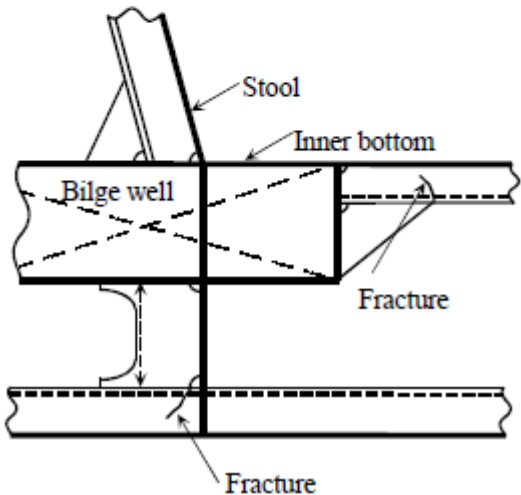
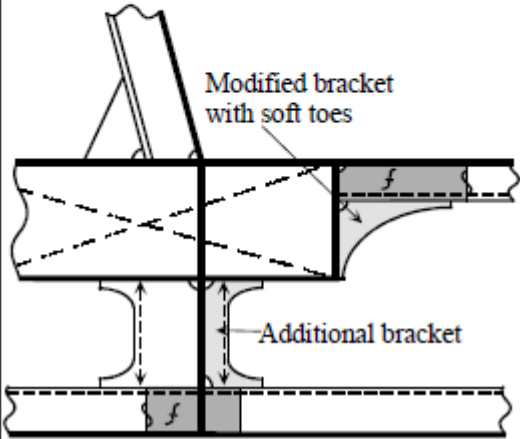
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	4
Detail of damage	Fractures at weld connections of floors in way of hopper/inner bottom interface (welded knuckle)	
Sketch of damage  <p>View A - A Transverse fractures in hopper web plating into possibly extending into the hopper sloping plating</p> <p>Fracture in the floor/web of hopper transverse ring</p>		Sketch of repair  <p>Reinforcement A Alternatively, may stop at longitudinals where fitted</p> <p>Reinforcement B Face plate of transverse</p> <p>View B - B</p>
Notes on possible cause of damage 1. The damage is partly due to stress concentration at the edges of the weld created by the presence of the deflections in the inner bottom/hopper plating.		Notes on repairs 1. The fracture in the weld and/or plating is veed-out/cropped and renewed as appropriate. 2. The cut-outs are eliminated by introducing suitable collar plates with emphasis on edge preparation and sequence of welding as shown above. 3. Further reinforcements may be incorporated as shown above and depending on the judged cause of damage.

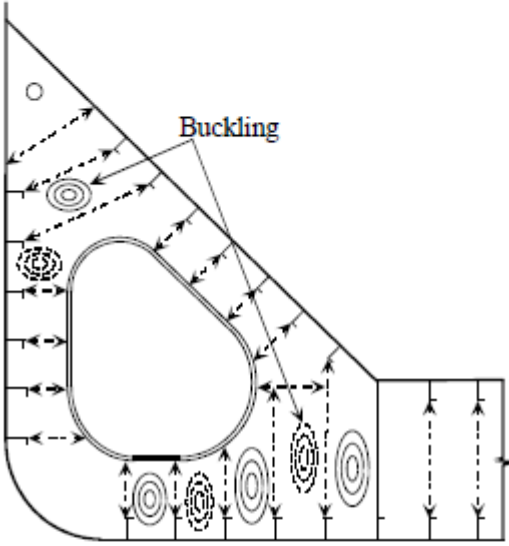
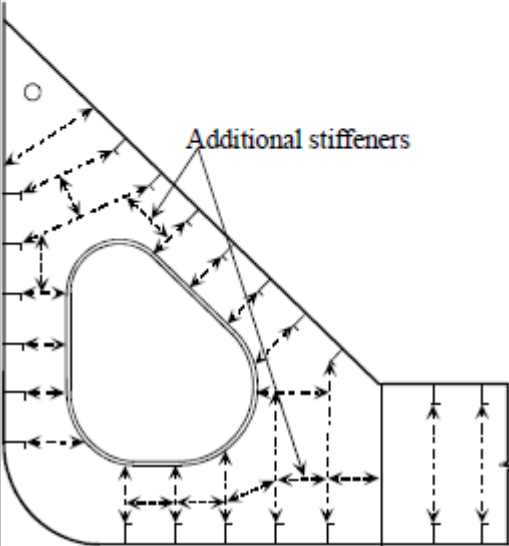
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	5
Detail of damage	Fractures at weld connections of floors in way of inner bottom and side girders, and plating of bulkhead stool	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Stress concentration at the welds due to scallops.		1. The scallops will require to be fitted with welded collar plates to reduce stresses in the area.

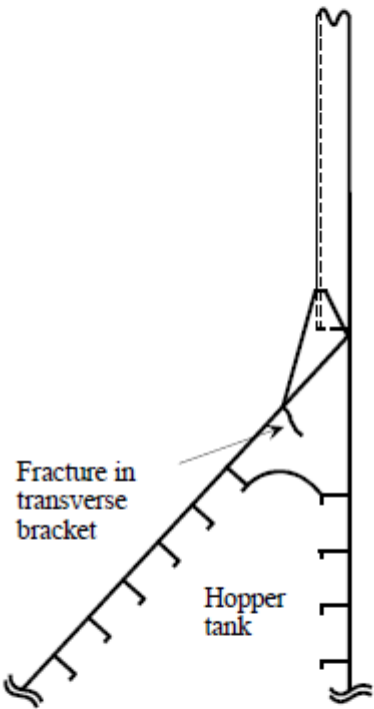
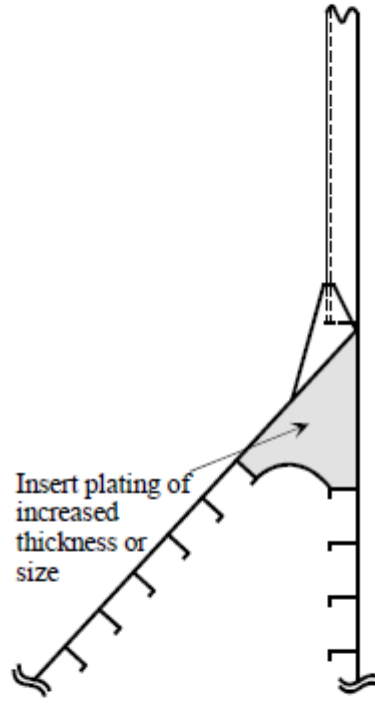
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	6
Detail of damage	Fractures and buckling in way of a cut-out for the passage of a longitudinal through a transverse primary member	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Damage can be caused by general levels of corrosion and presence of stress concentration associated with the presence of a cut-out. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. If fractures are significant then crop and part renew the floor plating/transverse web otherwise the fracture can be veed-out and welded provided the plating is not generally corroded. 2. Repair B is to be incorporated if the lug proves to be ineffective.

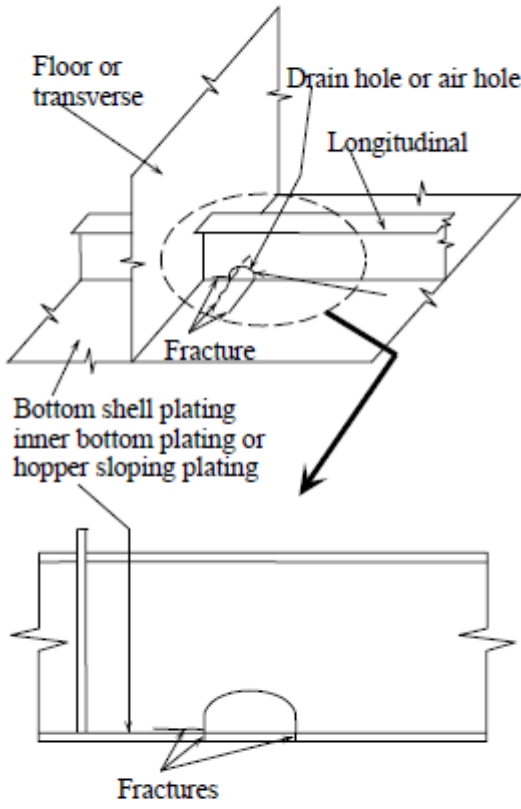
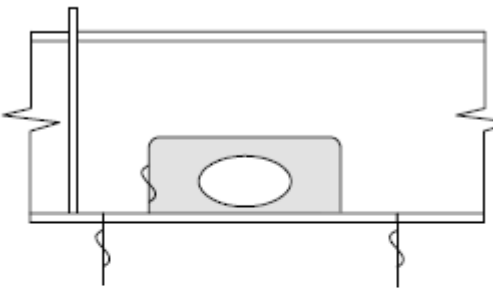
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	7
Detail of damage	Fractures in longitudinal at floor/transverse web frame or bulkhead	
Sketch of damage 		Sketch of repair  <p>f: Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. For a slope at toes max 1:3, $R1=(b1-h) \times 1.6$ and $R2=(b2-h) \times 1.6$ 2. Soft toe bracket to be welded first to longitudinal 3. Scallop in bracket to be as small as possible, recommended max 35mm 4. If toes of brackets are ground smooth, full penetration welds in way to be provided 5. Maximum length to thickness ratio = 50:1 for unstiffened bracket edge 6. Toe height, h, to be as small as possible (10-15mm)
Notes on possible cause of damage 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region.		Notes on repairs 1. If fractures are not extensive e.g. hairline fractures, they can be veed-out and welded. 2. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal then crop and part renew.

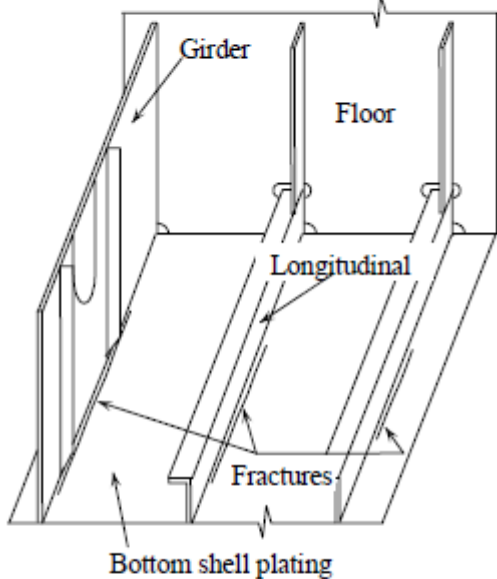
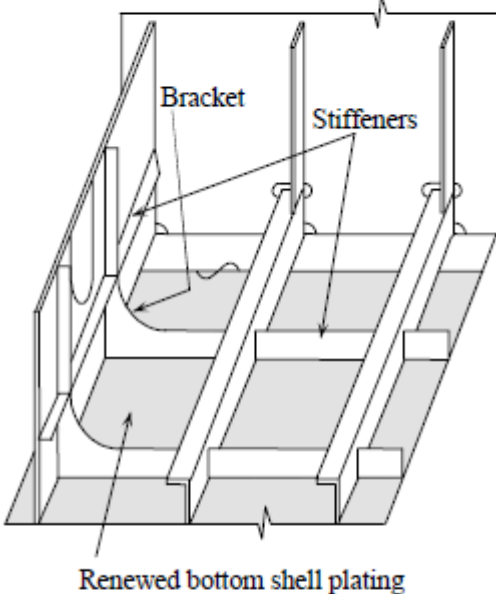
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	8
Detail of damage	Fractures in bottom and inner bottom longitudinals in way of inner bottom and bulkhead stool boundaries	
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>f :Where required the longitudinal to be cropped and part renewed</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Damage can be caused by stress concentration leading to accelerated fatigue in this region. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. If fractures are not extensive e.g. hairline fractures then these can be veed-out and welded. 2. If fracture extended to over one third of the depth of the longitudinal depth then crop and part renew.

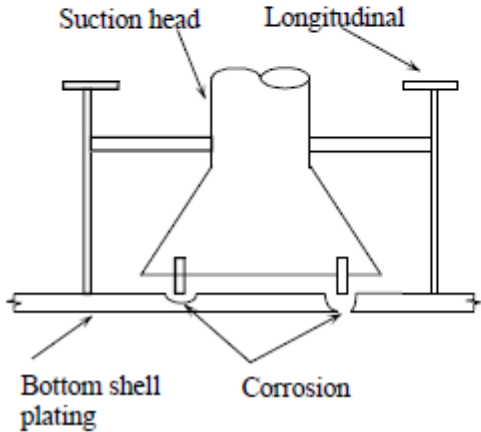
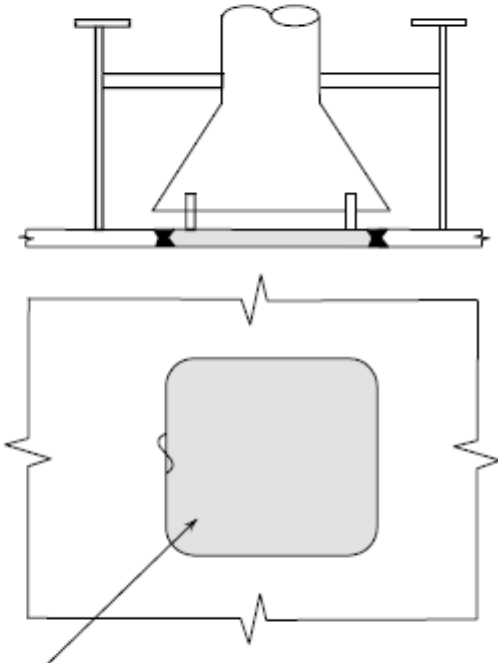
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	9	
Detail of damage		Fractures in longitudinal in way of bilge well	
Sketch of damage		Sketch of repair	
		 <p>f: Where required the longitudinals to be cropped and part renewed</p>	
Notes on possible cause of damage 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region.		Notes on repairs 1. If fractures are not extensive e.g. hairline fractures then these can be veed-out and welded. 2. If the fracture extended to over one third of the depth of the longitudinal then crop and part renew.	

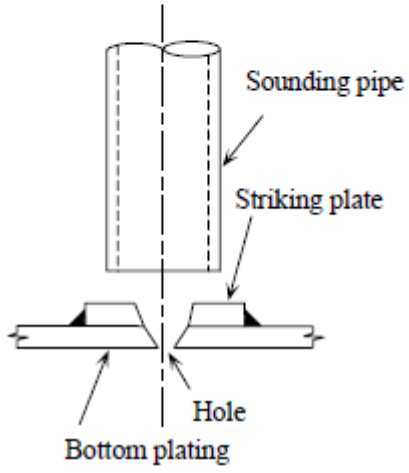
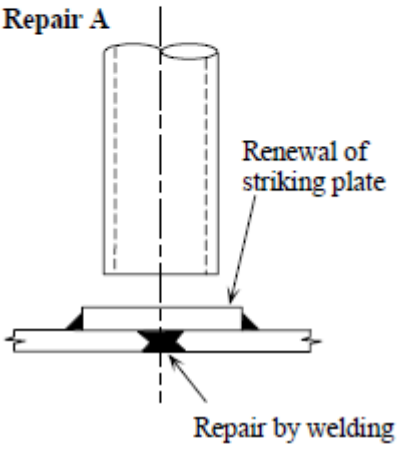
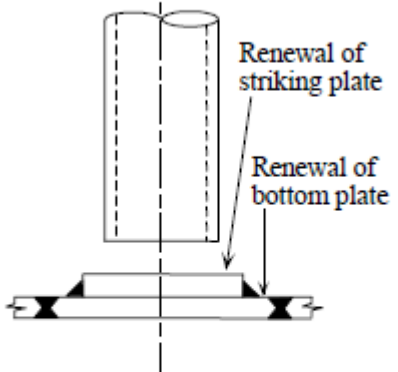
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	10	
Detail of damage		Buckling of transverse web	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient buckling strength of transverse web plating. 2. Corrosion of high stress area. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. If the buckling occurred without significant corrosion, adequate reinforcement is to be carried out. 2. If the buckling occurred due to corrosion of high stress (shear stress) area, damaged area is to be cropped and part renewed. Adequate reinforcement and protective measures should be considered. 	

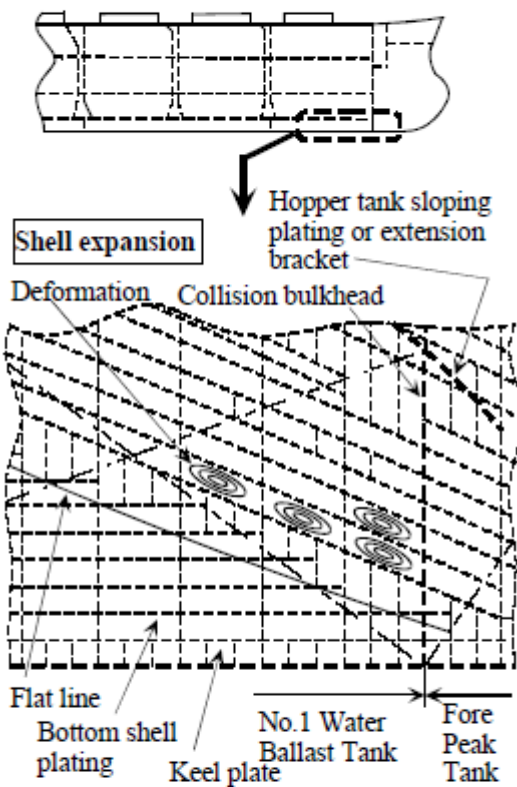
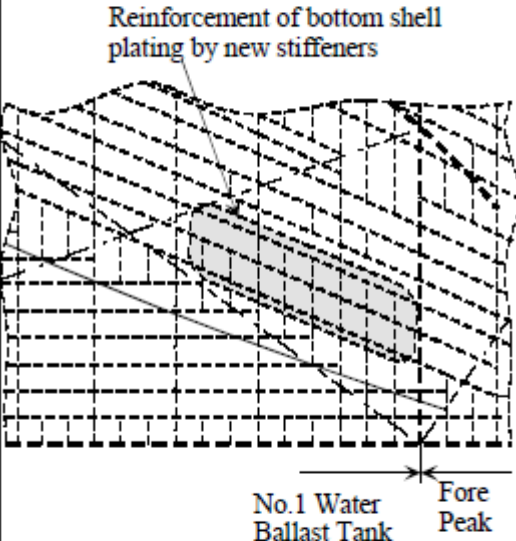
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	11
Detail of damage Fractures at weld connection of transverse brackets		
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. General levels of corrosion and presence of stress concentration. 2. Misalignment of the brackets with adjoining structure e.g. frame brackets. 3. High shear stresses due to insufficient bracket. 4. Inadvertent overloading. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. If the damage is caused by misalignment with the frame bracket above, the misalignment is to be rectified. 2. Replacement by a bracket of increased thickness or size should be considered.

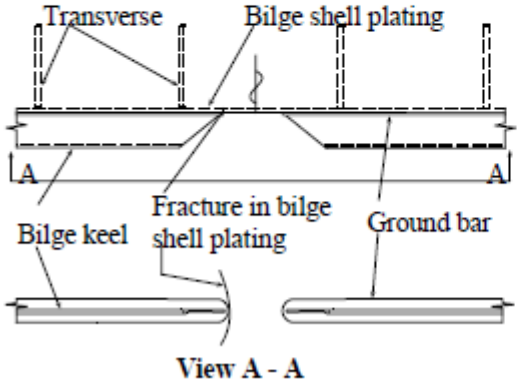
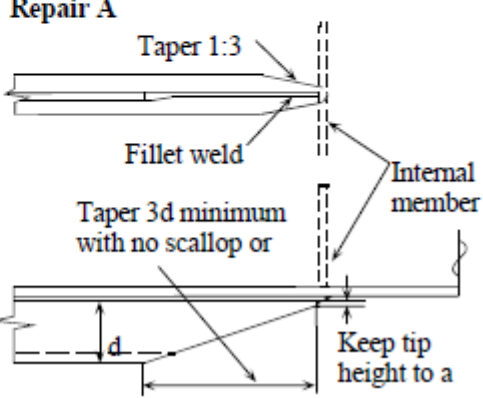
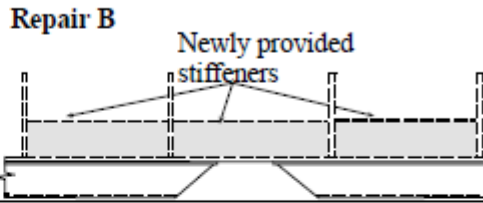
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	12
Detail of damage	Fractures in bottom shell/side shell/hopper sloping plating at the corner drain hole/air hole in longitudinal	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration and/or corrosion due to stress concentration at the corner of drain hole/air hole. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured plating should be cropped and part renewed. 2. If fatigue life is to be improved, change of drain hole/air hole shape is to be considered.

BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	13
Detail of damage	Fractures in bottom plating along side girder and/or bottom longitudinal	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Vibration.		1. Fractured bottom shell plating should be cropped and renewed. 2. Natural frequency of the panel should be changed, e.g. reinforcement by additional stiffener/bracket.

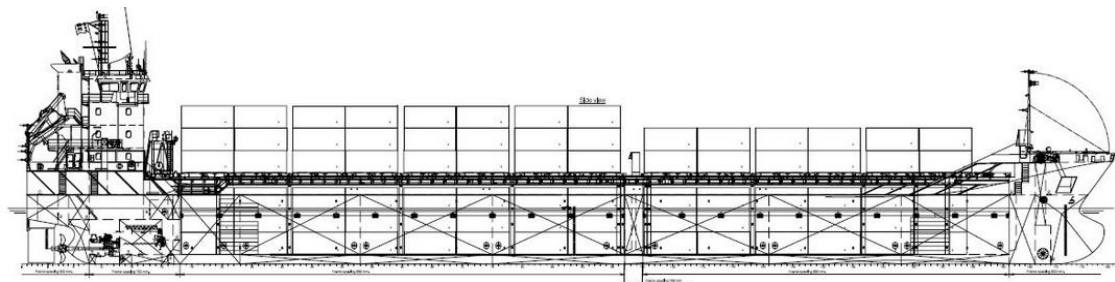
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	14	
Detail of damage		Corrosion in bottom plating below suction head	
Sketch of damage		Sketch of repair	
		 <p>1. Insert to have round corners 2. Non-destructive examination to be applied after welding based on the Society's rules</p>	
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none"> 1. High flow rate associated with insufficient corrosion prevention system. 2. Galvanic action between dissimilar metals. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Affected plating should be cropped and part renewed. Thicker plate and suitable beveling should be considered. 2. If the corrosion is limited to a small area, i. e. pitting corrosion, repair by welding is acceptable. 	

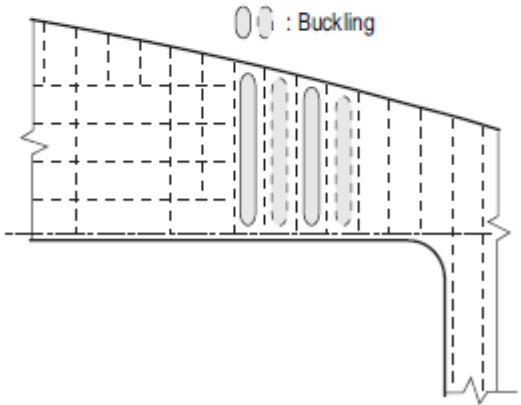
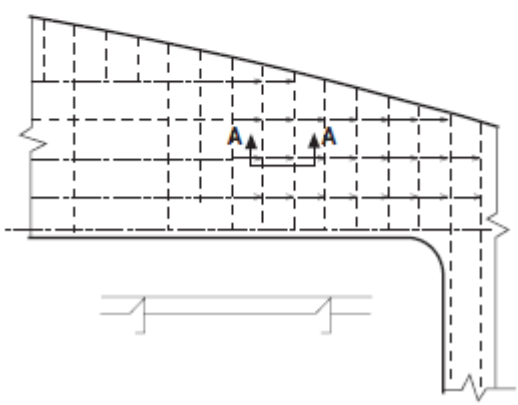
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom tank structure including hopper	15
Detail of damage Corrosion in bottom plating below sounding pipe		
Sketch of damage 		Sketch of repair <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> Repair A  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> Repair B  </div> </div>
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Accelerated corrosion of striking plate by the striking of the weight of the sounding tape. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Corroded bottom plating should be welded or partly cropped and renewed if considered necessary. 2. Corroded striking plate should be renewed.

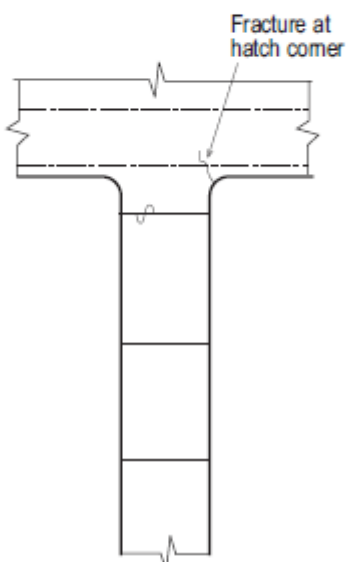
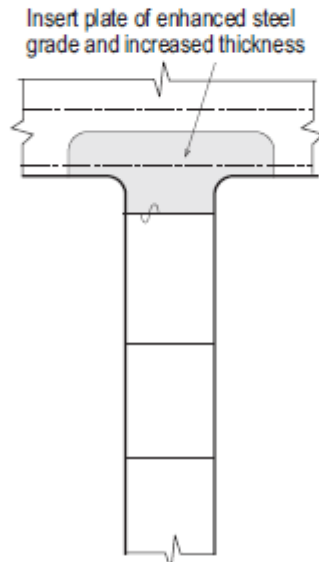
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure including hopper	16
Detail of damage Deformation of forward bottom shell plate due to slamming		
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy weather. 2. Poor design for slamming. 3. Poor operation, i.e. negligence of heavy ballast. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Deformed bottom shell plating should be faired in place, or partly cropped and renewed if considered necessary. 2. Bottom shell plating should be reinforced by stiffeners.

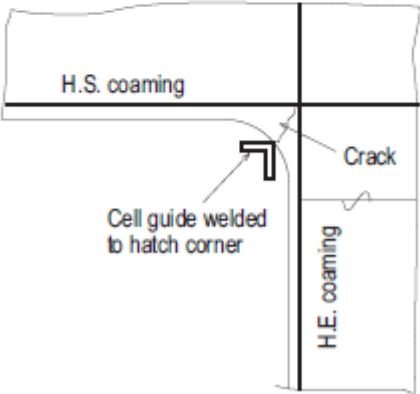
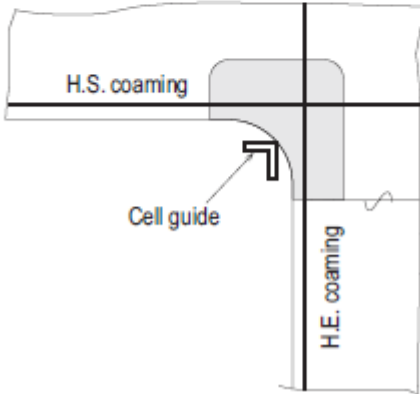
BULK CARRIERS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure including hopper	17
Detail of damage		Fractures in shell plating at the termination of bilge keel
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Transverse</p> <p>Bilge shell plating</p> <p>Fracture in bilge shell plating</p> <p>Bilge keel</p> <p>Ground bar</p> <p>View A - A</p>		<p>Repair A</p>  <p>Taper 1:3</p> <p>Fillet weld</p> <p>Taper 3d minimum with no scallop or</p> <p>Internal member</p> <p>Keep tip height to a</p> <p>d</p> <p>Repair B</p>  <p>Newly provided stiffeners</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> Poor design causing stress concentration. 		<ol style="list-style-type: none"> Fractured plating is to be cropped and renewed. Reduction of stress concentration of the bilge keel end should be considered. <p>Repair A: Modification of the detail of end</p> <p>Repair B: New internal stiffeners</p> <p>Repair C: Continuous ground bar (in connection with Repair A)</p> Instead of Repair A or B continuous ground bar and bilge keel should be considered.

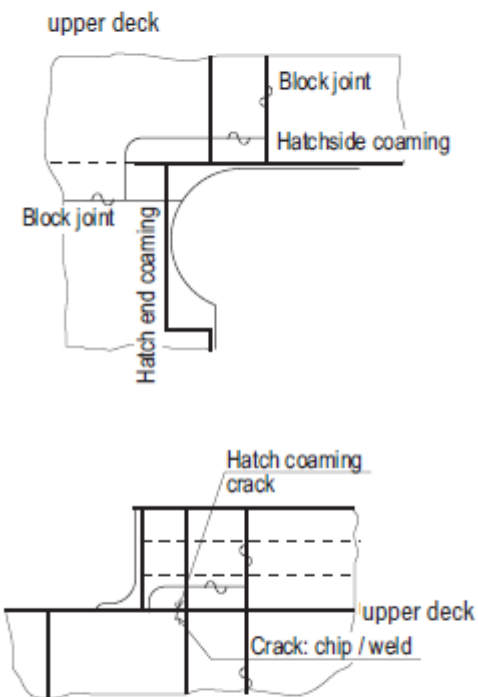
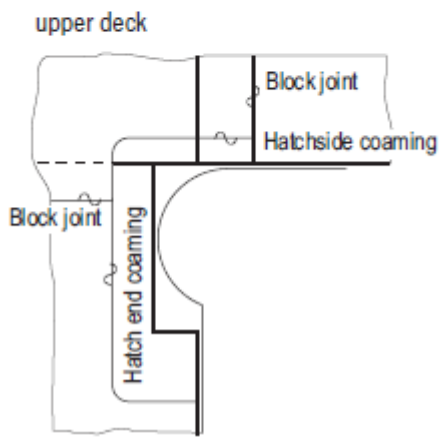
ANEXO 2: BUQUES PORTACONTENEDORES

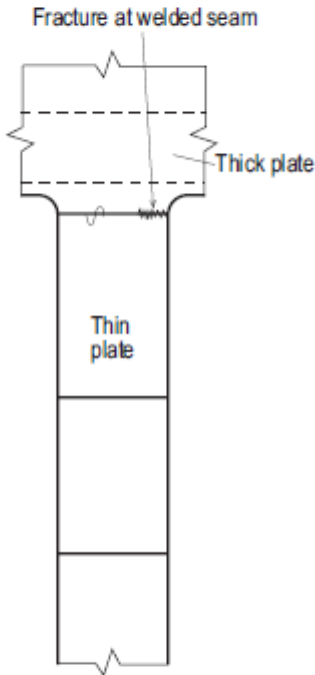
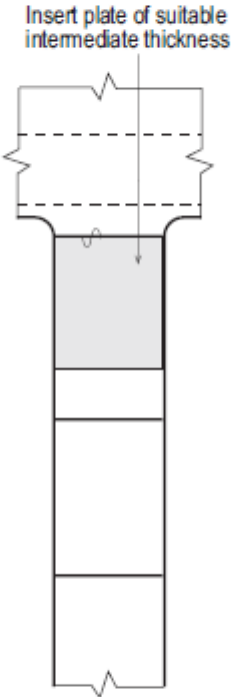


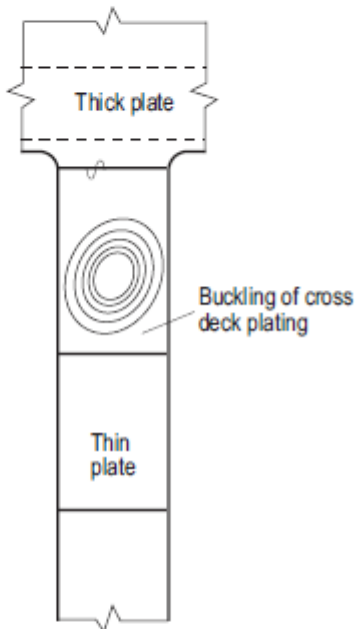
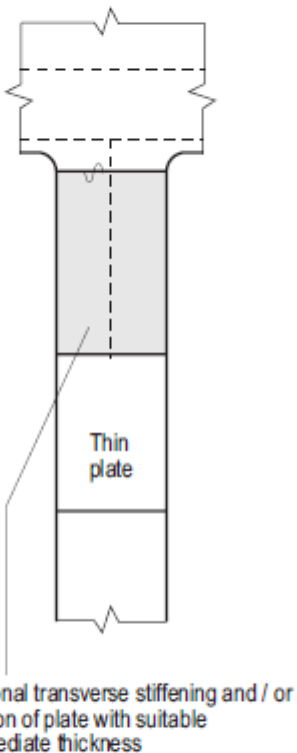
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 1	Upper deck structure including passageways	1	
Detail of damage		Buckling of deck plating of transverse framing system	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <p>View A-A</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> Excessive compressive stress due to slamming or bow flare effect. Insufficient longitudinal stiffening of deck plating. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> Buckled plating should be cropped and renewed. Longitudinal internal stiffeners should be provided. (Instead of longitudinal stiffeners, renewal by thicker deck plating can be accepted.) Stress concentration may occur at the end of a sniped stiffener resulting in fatigue fractures. For locations where high cyclic stress may occur, appropriate connection such as lug-connection should be considered. 	

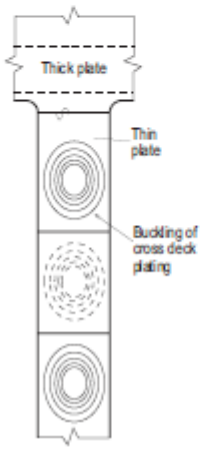
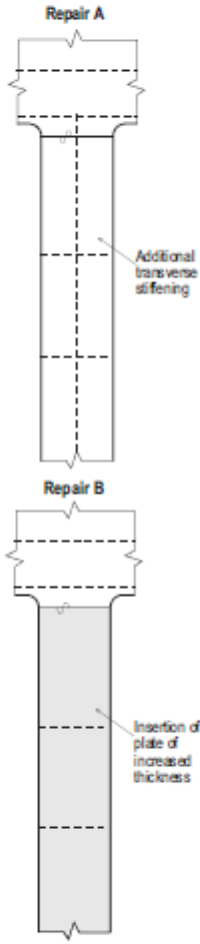
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		2-a
Detail of damage		Fractures at main cargo hatch corner	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Stress concentration at hatch corners, i.e. radius of corner.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. The corner plating in way of the fracture is to be cropped and renewed. If stress concentration is the primary cause, insert plate should be of increased thickness, enhanced steel grade and/or improved geometry. Insert plate should be continued beyond the longitudinal and transverse extent of the hatch corner radius ellipse or parabola, and the butt welds to the adjacent deck plating should be located well clear of the butts in the hatch coaming. It is recommended that the edges of the insert plate and the butt welds connecting the insert plates to the surrounding deck plating be made smooth by grinding. In this respect caution should be taken to ensure that the micro grooves of the grinding are parallel to the plate edge.</p>	

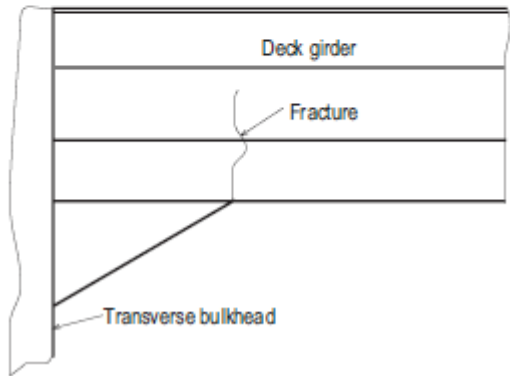
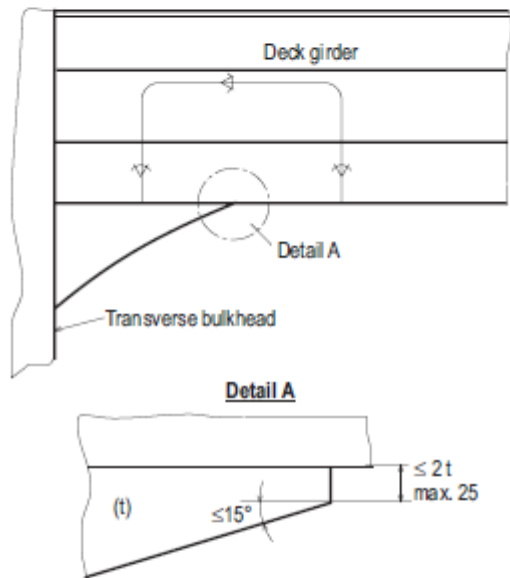
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		2-b
Detail of damage		Fractures at main cargo hatch corner initiated from welded joint of cell guide	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. In addition to high stress of hatch corner welded connection of cell guide caused stress concentration.</p>		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured deck plating is to be cropped and renewed. 2. Welding of cell guides to deck plating at hatch corner is to be avoided. 3. Cell guide should be connected to ship structure below deck level. 4. Alternatively an integration of the cell guide into the hatch corner could be considered. 	

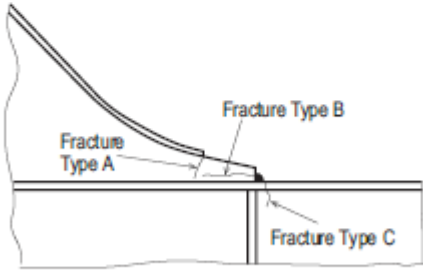
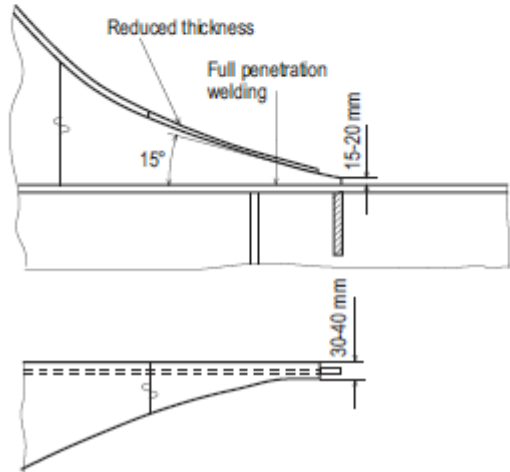
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		2-c
Detail of damage		Fractures at main cargo hatch corner initiated at sniped end of stiffener	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. In addition to high stress at hatch corner sniped end of stiffener (for buckling) caused stress.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured deck plating is to be cropped and renewed.</p> <p>2. Stiffener is to be removed. If necessary, thicker deck plating is to be considered.</p>	

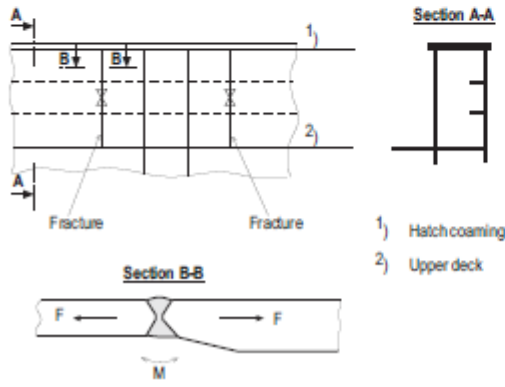
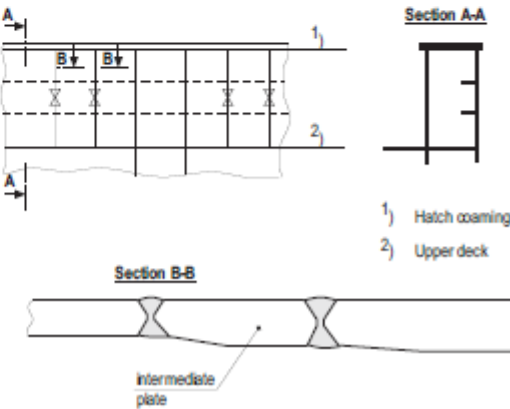
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		3-a
Detail of damage		Fracture of welded seam between thick plate and thin plate at cross deck	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration created by abrupt change in deck plating thickness. 2. In-plane bending in cross deck strip due to torsional (longitudinal) movements of ship sides. 3. Welded seam not clear of tangent point of hatch corner. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Insert plate of intermediate thickness is recommended. 2. Smooth transition between plates (beveling) should be considered. 	

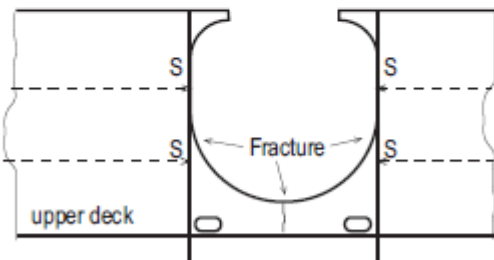
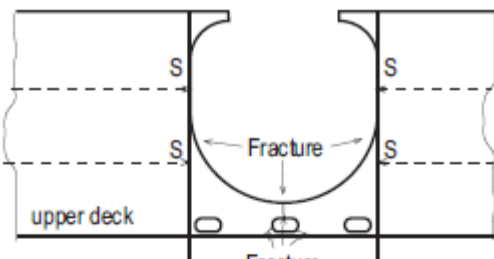
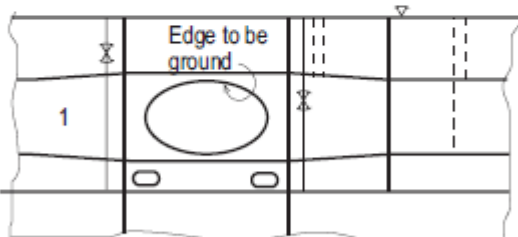
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		3-b
Detail of damage		Plate buckling in thin plate near thick plate at cross deck	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. In-plane shear of cross deck strip due to torsional (longitudinal) deflection of ship sides, often in combination with corrosion. 2. Insufficient transverse stiffening. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Transverse stiffeners extending from hatch sides towards centerline at least 10% of breadth of hatch, and/or increased plate thickness in the same area. 	

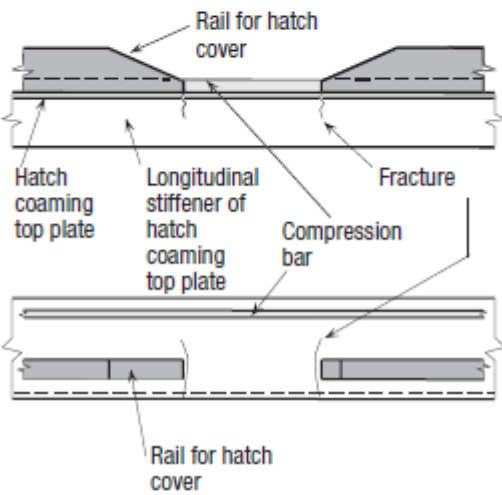
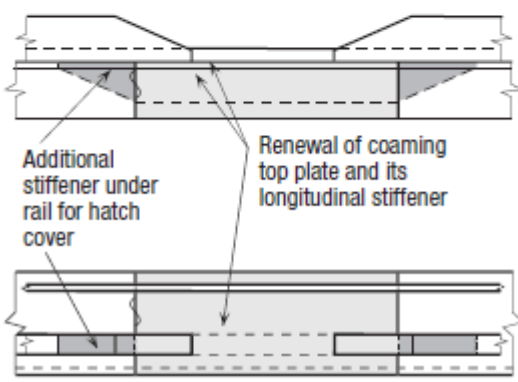
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		3-c
Detail of damage		Overall buckling of cross deck plating	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Transverse compression of deck due to sea load. 2. Insufficient transverse stiffening. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Repair A Plating of original thickness in combination with additional transverse stiffening. 2. Repair B Insertion of plating of increased thickness. 	

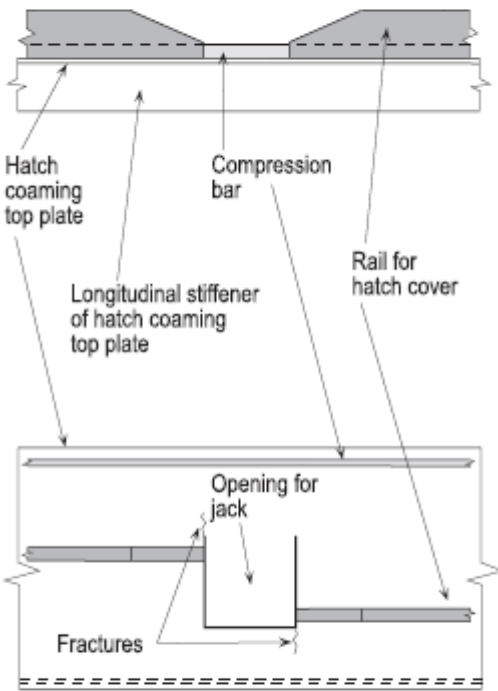
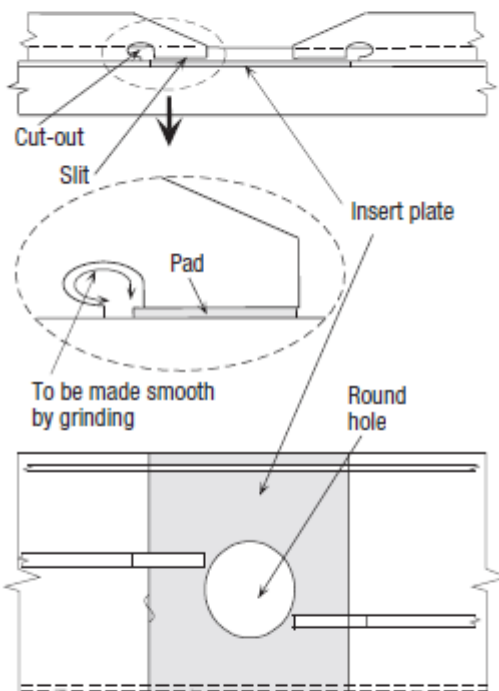
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		4
Detail of damage		Fracture in longitudinal deck girder initiated at bracket toe	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at the toe of deck girder bracket. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured plating should be cropped and part renewed. 2. Modified soft bracket should be considered. 	

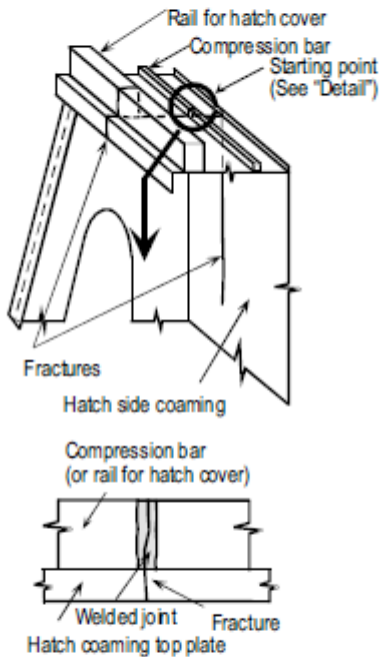
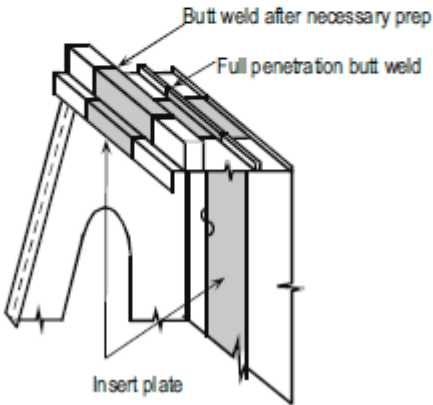
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 1	Upper deck structure including passageways	5	
Detail of damage		Fractures in continuous longitudinal hatch coaming extension bracket	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flange force at the end of the flange too high due to insufficient tapering (Fracture Type A, propagating in the web). 2. Shear force in the web plate too high due to insufficient reduction of the web height at the end (Fracture Type B, propagating in the web at the undercut or HAZ of the fillet weld). 3. Insufficient support of the extension bracket below the deck (Fracture Type C, starting from undercut or HAZ of the fillet weld and propagating in the deck plating). 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Extend the extension bracket as long as possible to arrange a gradual transition. 2. Reduce the web height at the end of the bracket; in case of high stress areas grind smooth the transition to the deck plating welding. 3. Reduce the cross sectional area of the flange at the end as far as possible. 4. Provide longitudinal structure in way of the web of the extension bracket to the next transverse structure or provide a new transverse structure. 	

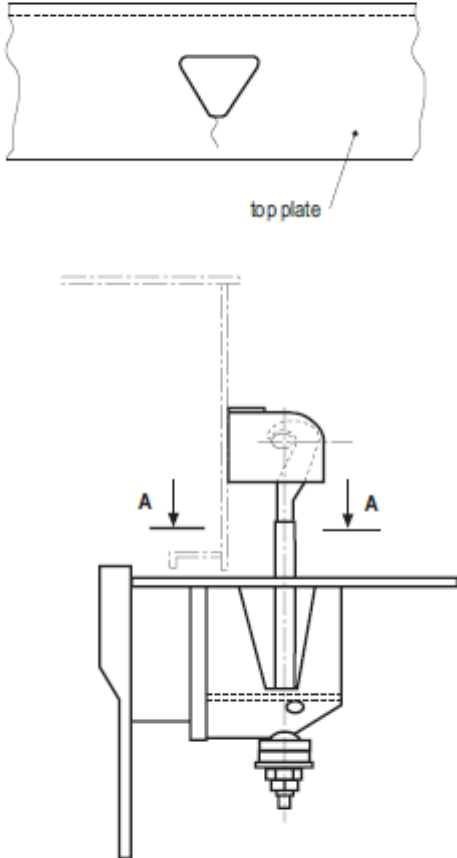
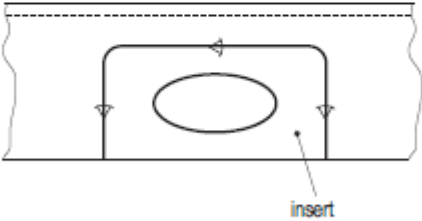
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		6
Detail of damage		Fractures in hatch side coaming	
<p>Sketch of damage</p>  <p>1) Hatch coaming 2) Upper deck</p>		<p>Sketch of repair</p>  <p>1) Hatch coaming 2) Upper deck</p> <p>intermediate plate</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Additional stress caused by bending moment due to the difference of thickness.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured plating is to be cropped and renewed.</p> <p>2. Insert of plate of intermediate thickness is to be considered.</p>	

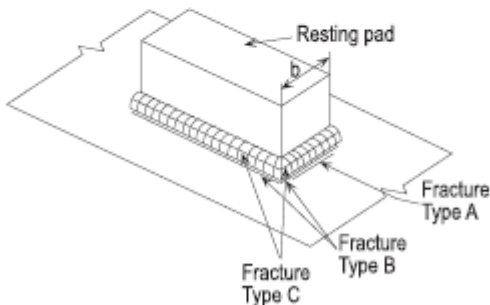
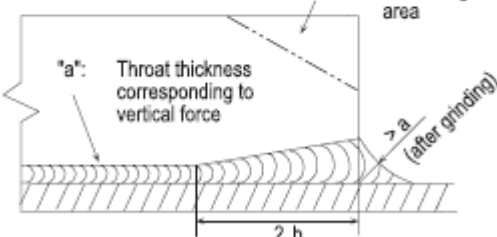
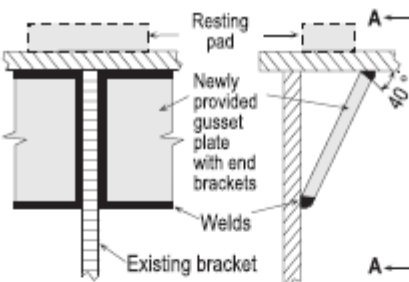
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 1	Upper deck structure including passageways	7	
Detail of damage		Fracture in access hole of longitudinal hatch coaming	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Sketch No. 1 a</p>  <p>Sketch No. 1 b</p>		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Coincidence of maximum increased stress due to the reduction of the hatch coaming with the metallurgical notches due to the welding seams in web and flat bar located at the same position.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Hatch coaming to be continuous.</p> <p>2. Access opening to be provided.</p> <p>3. Drain holes to be elliptical and located above fillet weld to deck.</p> <p>4. Hatch coaming stiffeners of same material as coaming</p>	

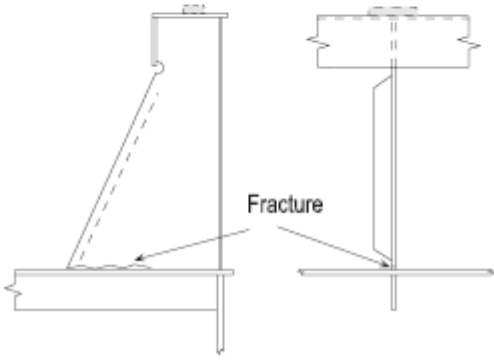
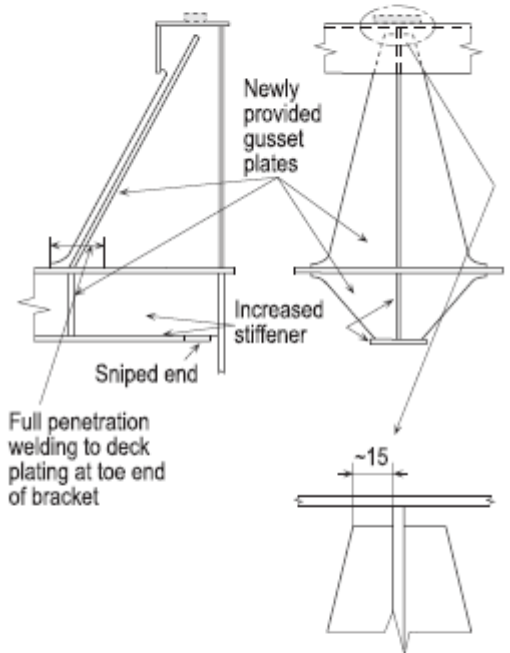
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		8-a
Detail of damage		Fractures in hatch coaming top plate at the termination of the rail for hatch cover	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Labels: Rail for hatch cover, Hatch coaming top plate, Longitudinal stiffener of hatch coaming top plate, Fracture, Compression bar, Rail for hatch cover.</p>		<p>Sketch of repair</p>  <p>Labels: Additional stiffener under rail for hatch cover, Renewal of coaming top plate and its longitudinal stiffener.</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Stress concentration at the termination of the rail for hatch cover due to poor design.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured plate is to be cropped and part renewed.</p> <p>2. Thicker insert plate and/or reinforcement by additional stiffener under the top plate should be considered. Also refer to Example 8-b.</p>	

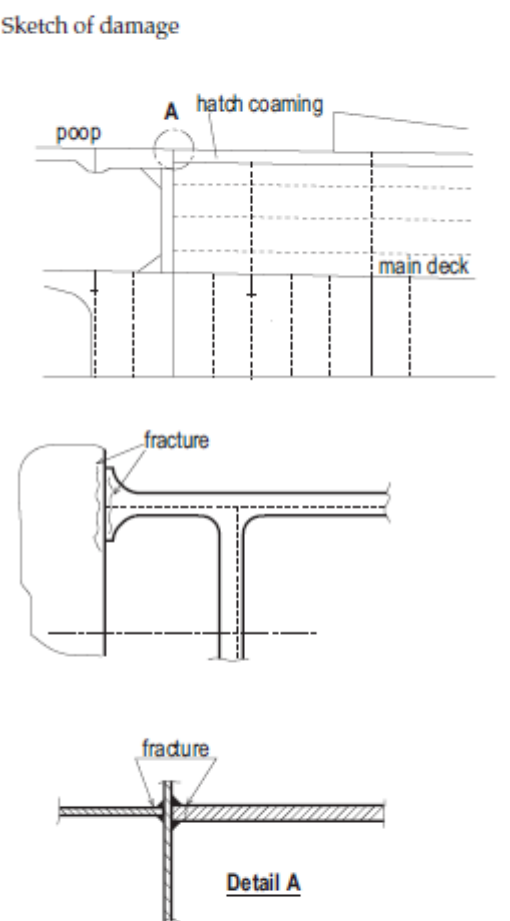
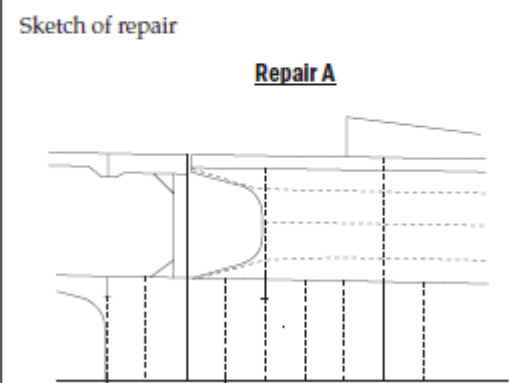
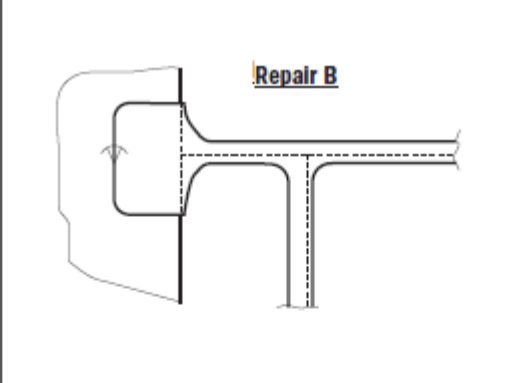
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		8-b
Detail of damage		Fractures in hatch coaming top plate at the termination of the rail for hatch cover	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Hatch coaming top plate</p> <p>Longitudinal stiffener of hatch coaming top plate</p> <p>Compression bar</p> <p>Rail for hatch cover</p> <p>Opening for jack</p> <p>Fractures</p>		<p>Sketch of repair</p>  <p>Cut-out</p> <p>Slit</p> <p>Insert plate</p> <p>Pad</p> <p>To be made smooth by grinding</p> <p>Round hole</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at the termination of the rail for hatch cover due to poor design of opening. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured plate is to be cropped and part renewed. 2. Thicker insert plate and/or reduction of stress concentration adopting large radius should be considered. Or cut-out in the rail and detachment of the welds as shown in the above drawing should be considered in order to reduce the stress of the corner of the opening. 	

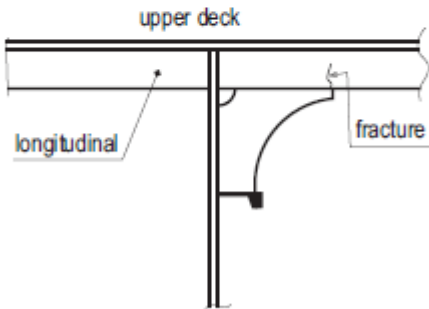
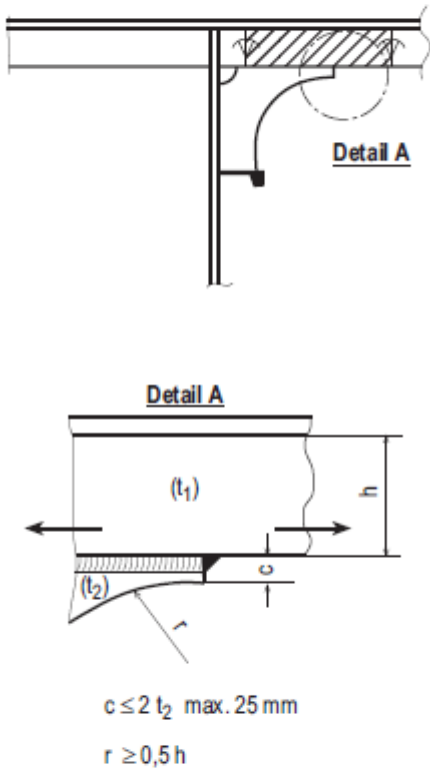
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 1	Upper deck structure including passageways	9	
Detail of damage		Fractures in hatch coaming top plate initiated from butt weld of compression bar	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Labels in sketch: Rail for hatch cover, Compression bar, Starting point (See "Detail"), Fractures, Hatch side coaming, Compression bar (or rail for hatch cover), Welded joint, Fracture, Hatch coaming top plate.</p> <p>Detail</p>		<p>Sketch of repair</p>  <p>Labels in sketch: Butt weld after necessary prep, Full penetration butt weld, Insert plate.</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy weather 2. Insufficient preparation of weld of compression bar and/or rail (Although the compression bar and rail are not longitudinal strength members, they are subject to the same longitudinal stress as longitudinal members) 3. Fracture may initiate from insufficient penetration of weld of rail for hatch cover. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Loading condition of the ship and proper welding procedure should be carefully considered. 2. Fractured structure is to be cropped and renewed if considered necessary (a small fracture may be veed-out and rewelded.) 3. Full penetration welding should be applied to the butt weld of compression bar and rail. 	

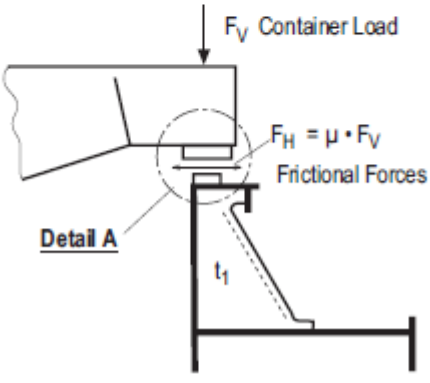
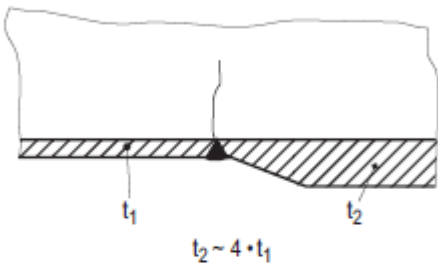
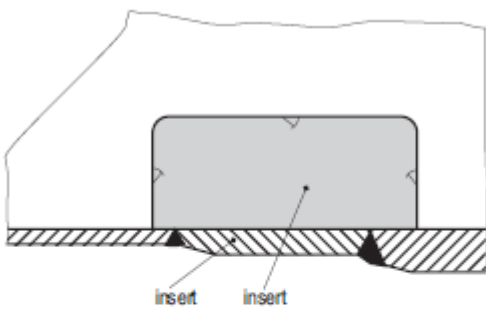
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		10
Detail of damage		Fracture in hatch coaming top plate in way of quick-acting cleat	
<p>Sketch of damage</p> <p>Section A-A</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at hole 2. Inadequate design 3. Poor workmanship 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Damaged area to be cropped and renewed. 2. Elliptical hole to be provided for the quick acting cleat 	

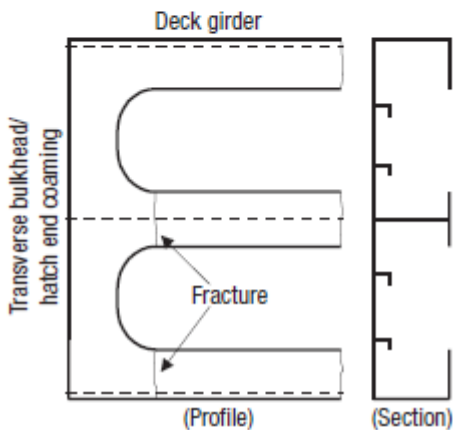
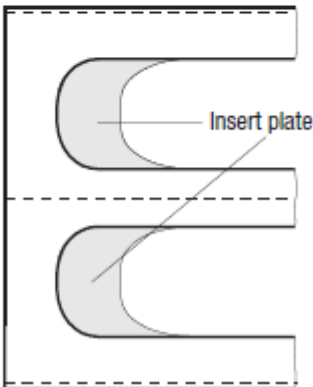
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		11
Detail of damage		Fractures in hatch coaming top plate around resting pad	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Fracture Type A: Starting in way of the undercut or HAZ of the transverse fillet weld and propagating in the top plating.</p> <p>Fracture Type B: Starting in way of the undercut or HAZ of the longitudinal fillet weld and propagating in the top plating.</p> <p>Fracture Type C: Starting and propagating in fillet weld</p>		<p>Sketch of repair</p> <p>Repair for "Fracture Type A" Note: Cut, if the pad has enough area</p>  <p>Repair for "Fracture Type B"</p>  <p>View A-A</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> Fracture Type A: Inappropriate transition from the hatch coaming top plating to the resting pad in respect to longitudinal stresses. Fracture Type B: Insufficient support of the resting pad below the top plating. Fracture Type C: Insufficient throat thickness of the fillet weld in relation to the vertical forces. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> Fracture Type A: Modification of the transverse fillet weld according to the sketch; in some cases smoothing of the transition by grinding is acceptable. Fracture Type B: Strengthening of the structures below the top plating according to the sketch. Fracture Type C: Increasing the throat thickness corresponding to the acting vertical forces. 	

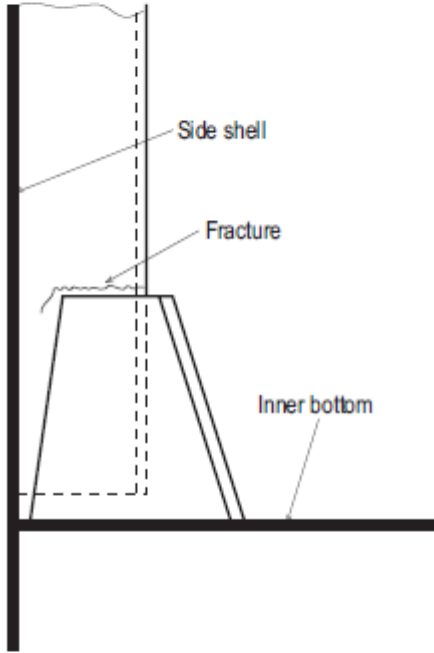
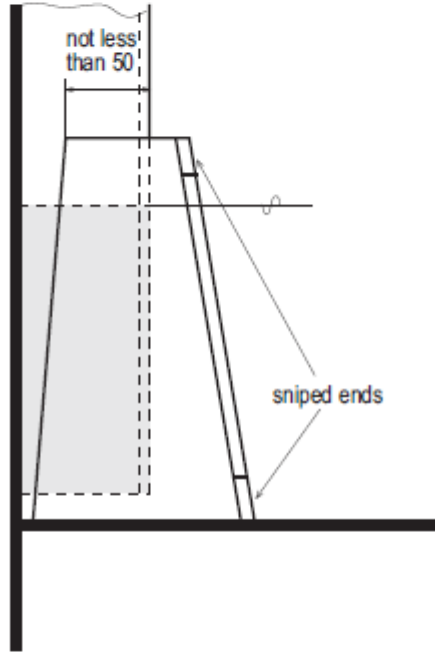
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 1	Upper deck structure including passageways	12	
Detail of damage		Fractures in web of transverse hatch coaming stay	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient consideration of the horizontal friction forces in way of the resting pads for hatch cover. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modification of the design of the hatch coaming stay. 2. Full penetration welding between gusset plates and deck plating. 3. Strengthening and continuation of the structure below the deck. 4. Use pads with smaller coefficient of friction. 	

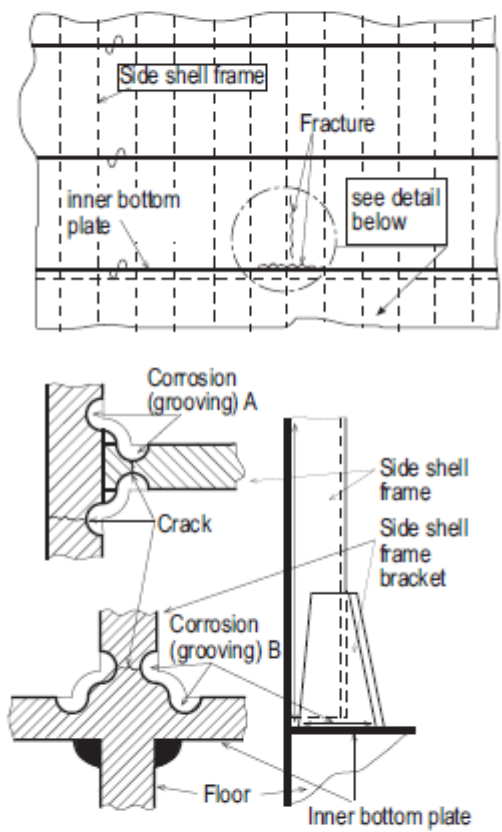
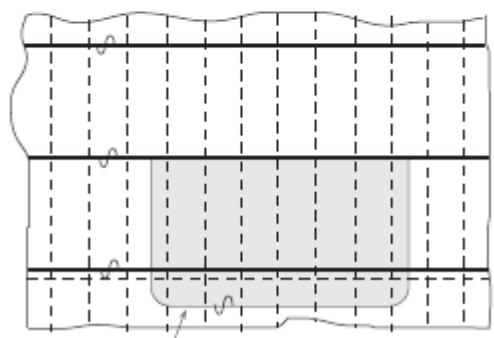
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 1	Upper deck structure including passageways	13	
Detail of damage		Fractures at the connection of the web of the transverse hatch coaming stay	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> <p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient transfer of forces from hatch coaming top plate into poop deck plating by cruciform connection. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cutting of the connection between longitudinal hatch coaming and poop in the case that the strength requirements are satisfactory (see Repair A). 2. Continuation of hatch coaming top plate by inserting thick plate into the thin poop deck plating (chamfer 1:5) see Repair B. 	

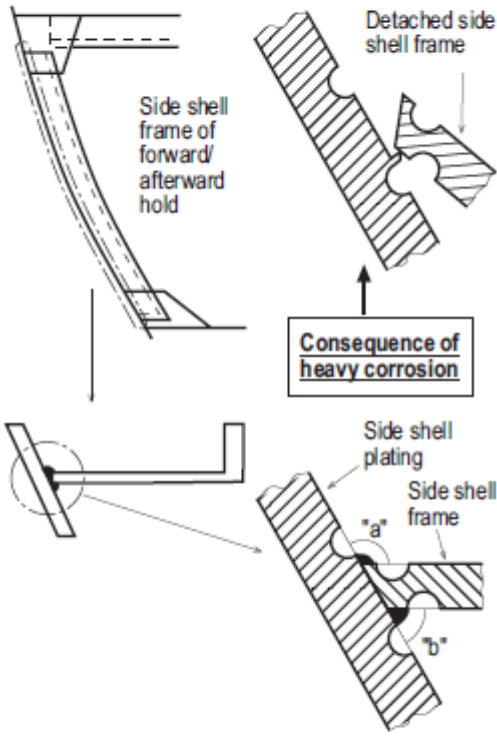
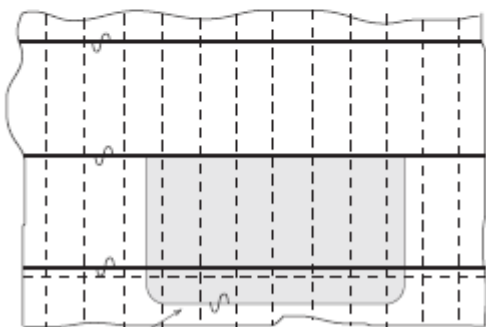
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		14
Detail of damage		Fracture in deck longitudinal	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <p>$c \leq 2 t_2 \text{ max. } 25 \text{ mm}$ $r \geq 0,5 h$</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at bracket toe 2. Bracket toe too high 3. Poor workmanship 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Damaged area to be cropped and renewed. 2. New bracket with soft toe to be added. 	

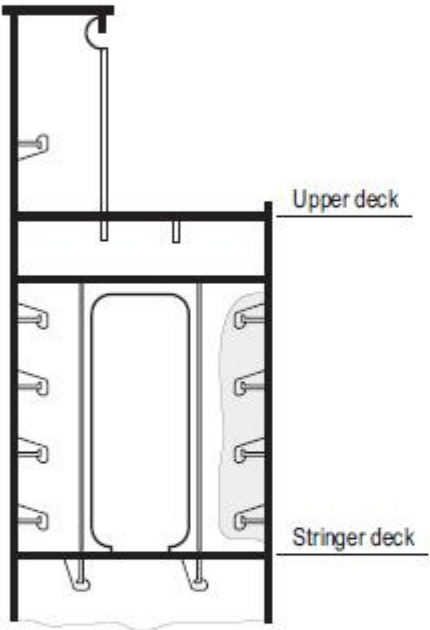
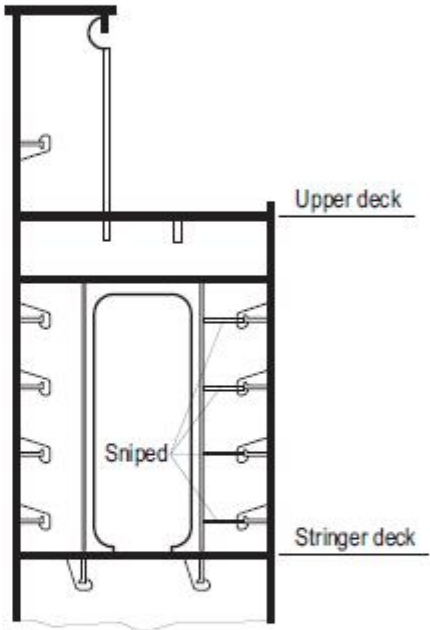
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 1	Upper deck structure including passageways	15	
Detail of damage		Fractures in a longitudinal hatch cover girder	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Detail A</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration 2. Incorrect tapering leads to additional flange bending 3. Poor workmanship 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Damaged area to be cropped off and renewed 2. Flange with intermediate thickness to be fitted. 	

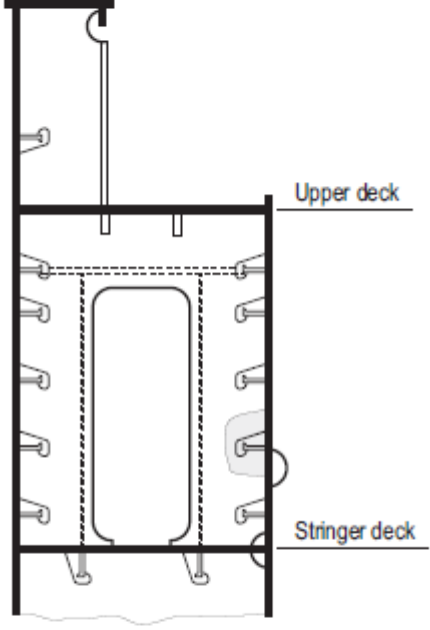
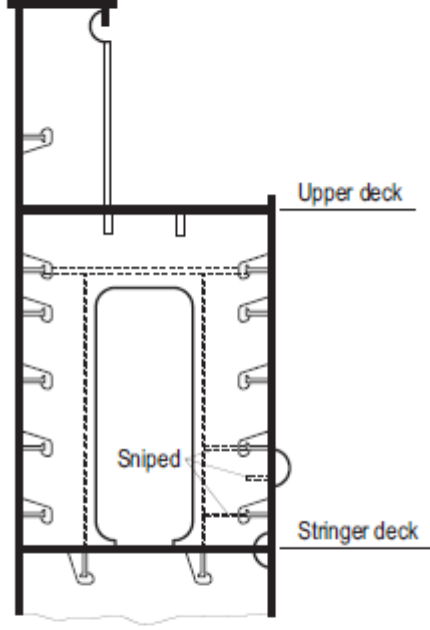
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 1	Upper deck structure including passageways		16
Detail of damage		Fractures in deck girder	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Deck girder</p> <p>Transverse bulkhead/hatch end coaming</p> <p>Fracture</p> <p>(Profile) (Section)</p>		<p>Sketch of repair</p>  <p>Insert plate</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient rigidity at the end of deck girder against bending and torsion 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured parts are to be cropped and partially renewed. 2. Insert plate at the end of deck girder as shown in sketch of repair. 	

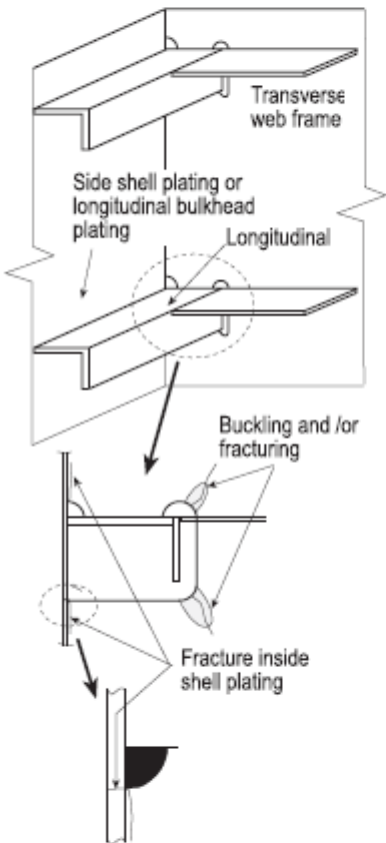
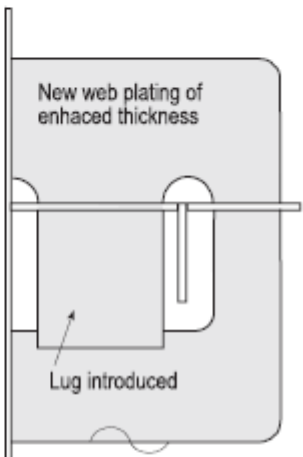
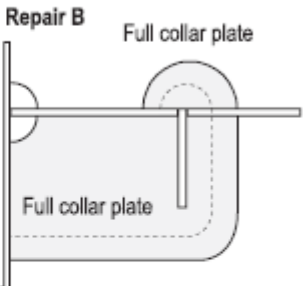
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 2	Side structure including tanks	1	
Detail of damage		Fracture in side shell frame at lower bracket	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. This type of damage is caused due to stress concentration.</p>		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. For small fractures, e.g. hairline fractures, the fracture can be veed-out, welded up, ground, examined by NDT for fractures, and rewelded. 2. For larger / significant fractures consideration is to be given to cropping and partly renewing / renewing the frame brackets. If renewing the brackets, end of frames can be sniped to soften them. 3. If considered necessary soft toes may be incorporated at the boundaries of the bracket to the inner bottom plating. 	

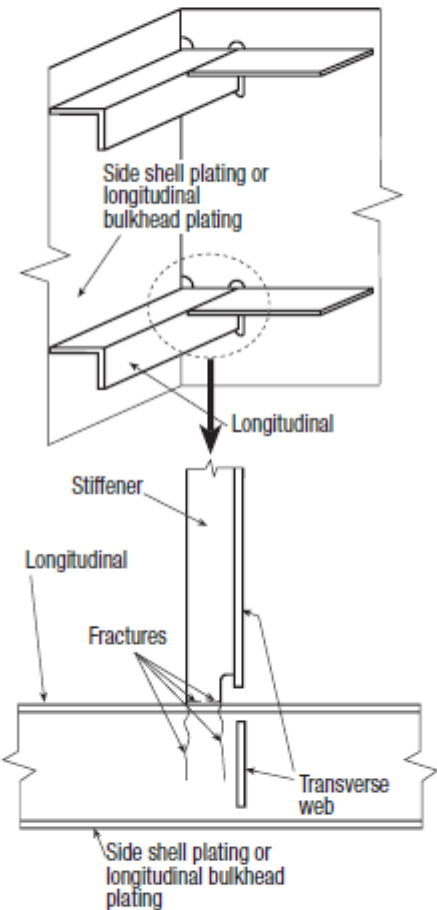
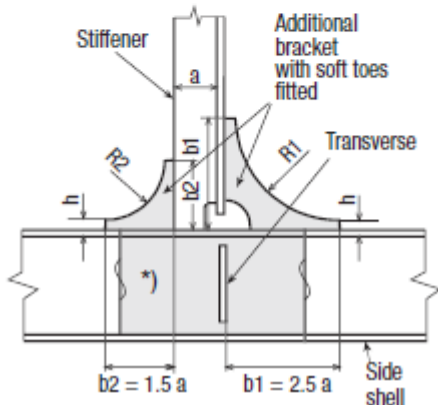
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		2-a
Detail of damage		Fractures in side shell frame/lower bracket and side shell plating near tank top	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <p>Part renewal including side shell frames and inner bottom plating, as found necessary</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fracture in side shell plating along side shell frame: Heavy corrosion (grooving) along side shell frame (See A) 2. Fracture in side shell plating along tank top: Heavy corrosion (grooving) along tank top (See B) resulting in detachment of side shell frame bracket from inner bottom plating. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sketch of repair applies when damage extends over several frames. 2. Isolated fractures may be repaired by veeing-out and rewelding. 3. Isolated cases of grooving may be repaired by build up of welding. 	

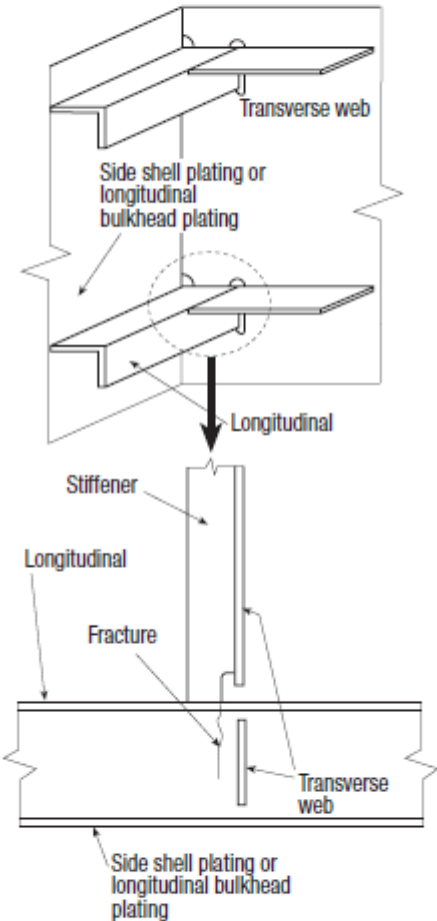
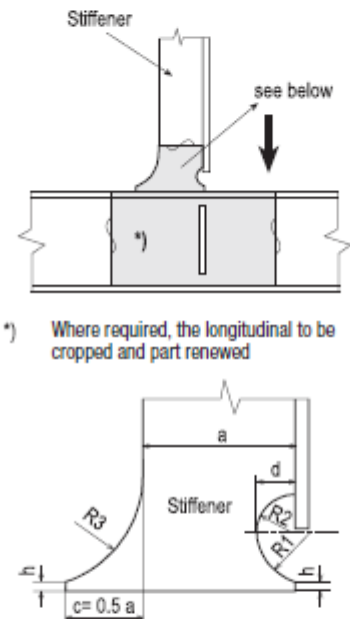
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		2-b
Detail of damage		Adverse effect of corrosion on the frame of forward/afterward hold	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Part renewal including side shell frames and inner bottom plating, as found necessary. 2. Deep penetration welding at the connections of side shell frame to side shell plating 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Heavy corrosion (grooving) of side shell frame along side shell plating and difference of throat thickness "a" from "b". (Since original throat thickness of "a" is usually smaller than that of "b", if same welding procedure is applied, the same corrosion has a more severe effect on "a", and may cause collapse and / or detachment of side shell frame.)</p>		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sketch of repair applies when damage extends over several frames. 2. Isolated fractures may be repaired by veeing-out and rewelding. 3. Isolated cases of grooving may be repaired by build up of welding. 	

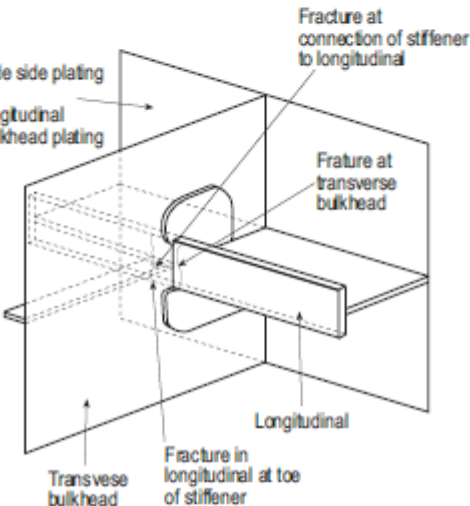
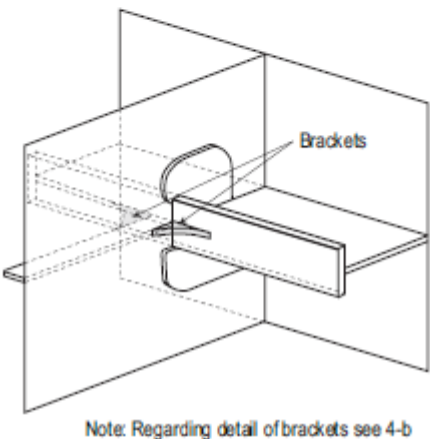
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		3-a
Detail of damage		Buckling of side structure in way of side tank/passage way	
Sketch of damage 		Sketch of repair 	
Notes on possible cause of damage 1. Deformation of web of transverse web frame and / or distortion of side longitudinals due to insufficient buckling strength. 2. Insufficient strengthening of side structure in way of tug and / or fender area or misplacing of strengthened area, respectively.		Notes on repairs 1. Straightening or renewal (if necessary) of buckled web plate and distorted side longitudinals. 2. Fitting of additional horizontal stiffeners on web plate in way of side longitudinals. 3. Strengthening of tug or fender area or shifting of affected area to right position should be considered.	

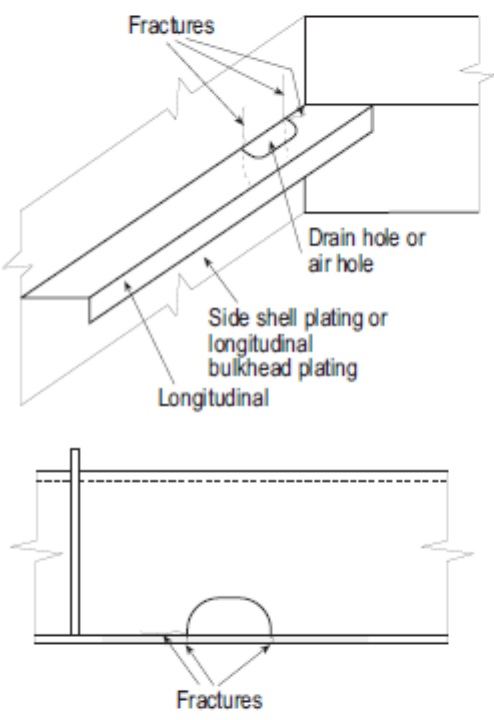
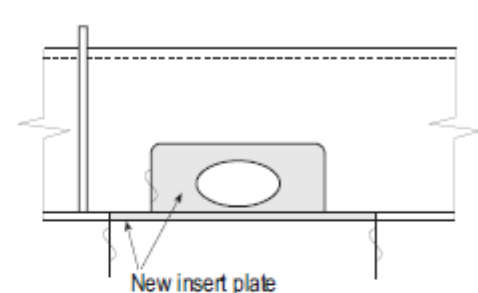
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		3-b
Detail of damage		Buckling of side structure in way of fender	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage 1. Buckling of web of transverse web frame due to insufficient buckling strength in way of fender.		Notes on repairs 1. Straightening or renewal (if necessary) of buckled web plate and closing of cut-out for side longitudinal. 2. Fitting of additional horizontal stiffeners on web plate in way of fender.	

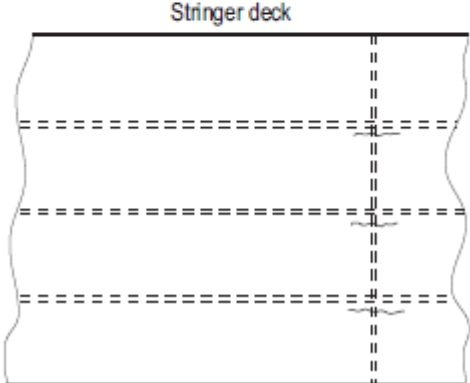
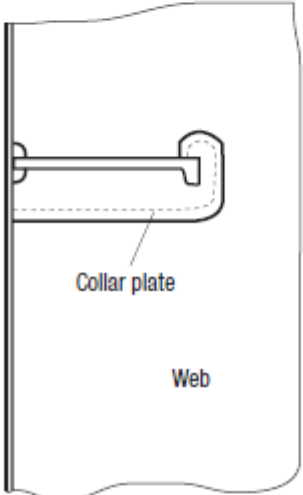
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		4-a
Detail of damage		Fractures and buckling in way of a cut-out for the passage of a longitudinal through a transverse web	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> <p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Damage can be caused by general levels of corrosion and presence of stress concentration associated with the presence of a cut-out.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. If fractures are significant then crop and part renew the web plating otherwise the fracture can be veed-out and welded provided the plating is not generally corroded.</p> <p>2. Repair B is to be incorporated if the lug proves to be ineffective.</p>	

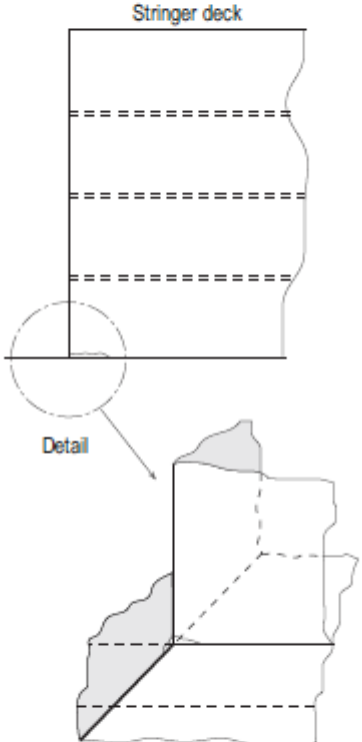
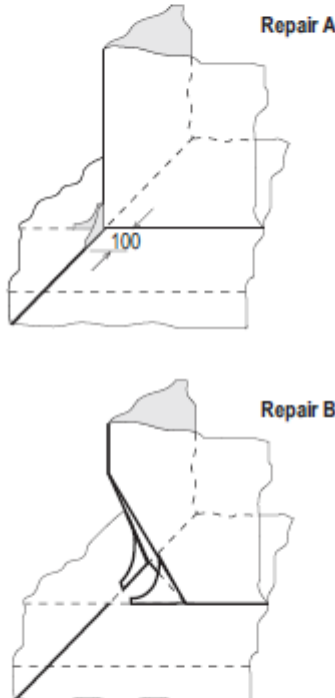
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		4-b
Detail of damage		Fractures at the connection of side shell longitudinal to transverse web	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Side shell plating or longitudinal bulkhead plating</p> <p>Longitudinal</p> <p>Stiffener</p> <p>Fractures</p> <p>Transverse web</p> <p>Side shell plating or longitudinal bulkhead plating</p>		<p>Sketch of repair</p>  <p>Stiffener</p> <p>Additional bracket with soft toes fitted</p> <p>Transverse</p> <p>Side shell</p> <p>$b_2 = 1.5 a$</p> <p>$b_1 = 2.5 a$</p> <p>*) Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. For a slope at toes max. 1:3, $R_1 = (b_1 - h) \times 1.6$ and $R_2 = (b_2 - h) \times 1.6$ 2. Soft toe bracket to be welded first to longitudinal 3. Scallop in bracket to be as small as possible recommended max. 35mm 4. If toes of brackets are ground smooth, full penetration welds in way to be provided 5. Maximum length to thickness ratio = 50:1 for unstiffened bracket edge 6. Toe height, h, to be as small as possible (10-15 mm) 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal, then crop and part renew. Otherwise the fracture can be veed-out and welded. 	

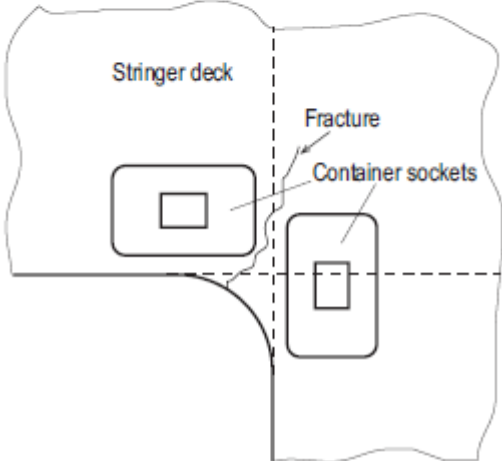
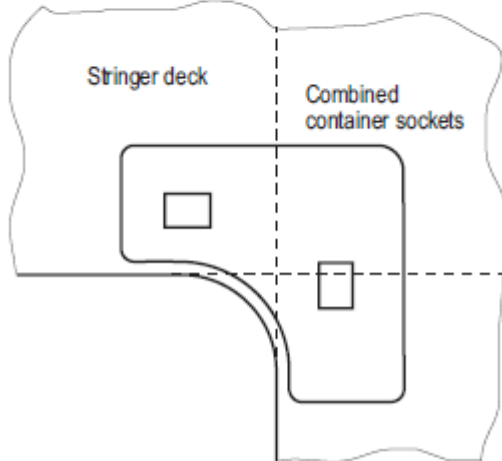
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 2	Side structure including tanks	4-c	
Detail of damage		Fractures at the connection of side shell longitudinal to transverse web	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <p>*) Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed</p> <p>Various cut-out shapes have been developed.</p> <p>The following is one example:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Toe height as small as possible (h= 10-15 mm) 2. Depth "d" of key hole notch as small as possible, max. 30 mm 3. For a slope at toe max. 1:3, $R1 = 1.5 d$; $R2 = d$ and $R3 = 1.5 c$ 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal, then crop and part renew. Otherwise the fracture can be veed-out and welded. 	

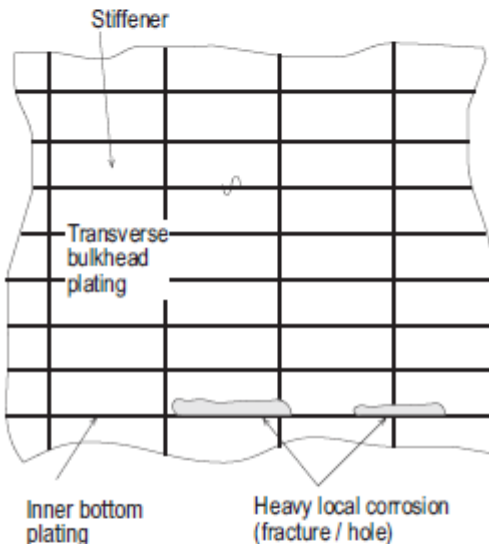
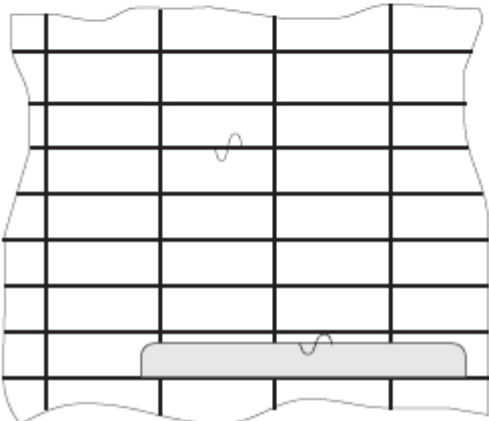
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		4-d
Detail of damage		Fractures at the connection of side shell longitudinal to transverse bulkhead	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <p>Note: Regarding detail of brackets see 4-b</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal, then crop and part renew. Otherwise the fracture can be veed-out and welded.</p>	

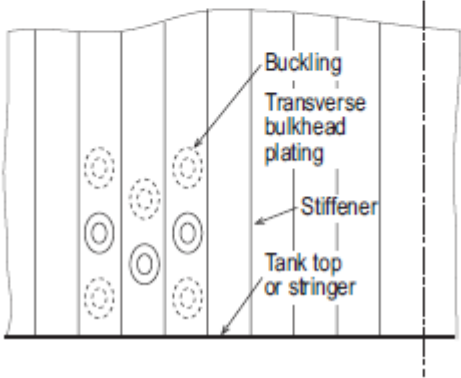
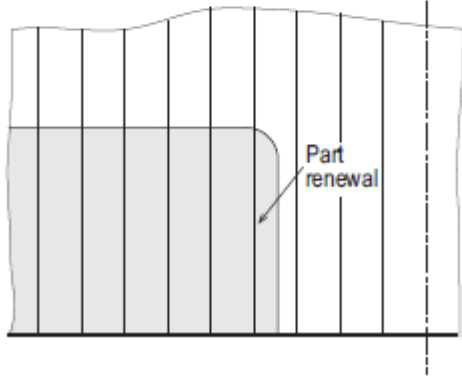
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		5
Detail of damage		Fractures in side shell plating/longitudinal bulkhead plating at the corner of the drain hole in longitudinal	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Stress concentration and/or corrosion due to stress concentration at the corner of drain hole/air hole.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured plating should be cropped and part renewed. If fatigue life is to be improved, change of drain hole/air hole shape is to be considered.</p>	

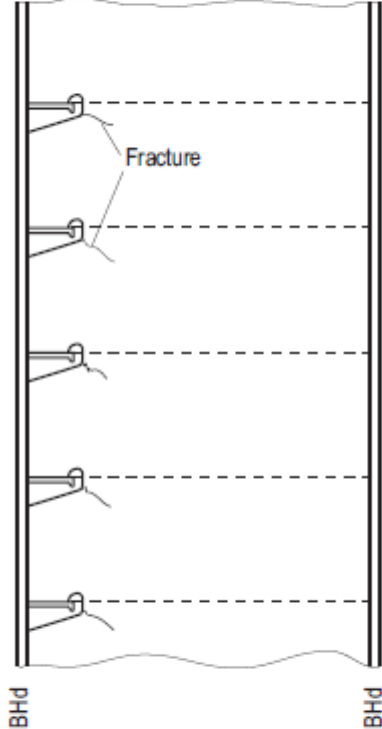
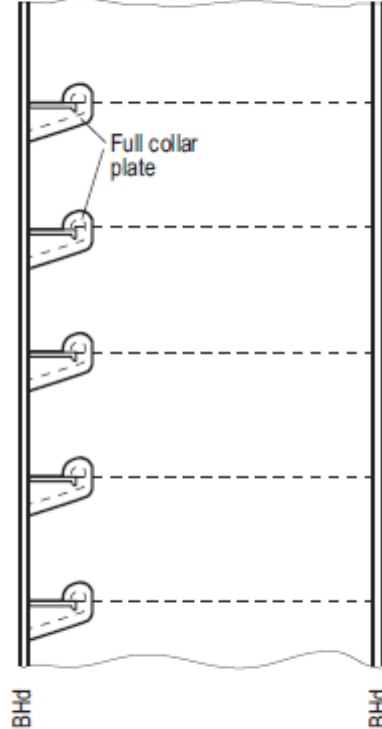
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		6
Detail of damage		Fractures in side wall (raised tank) at the connection of longitudinals to web of transverses	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Damage can be caused by stress concentration leading to accelerated fatigue in this region.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured side wall plating to be cropped and renewed by insert plate.</p> <p>2. Cut-outs for longitudinals to be closed by collar plates.</p>	

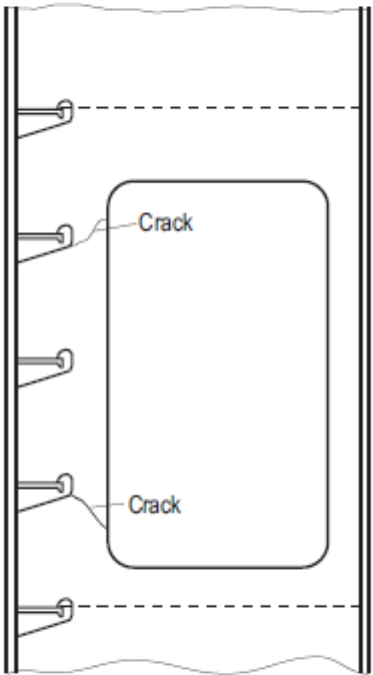
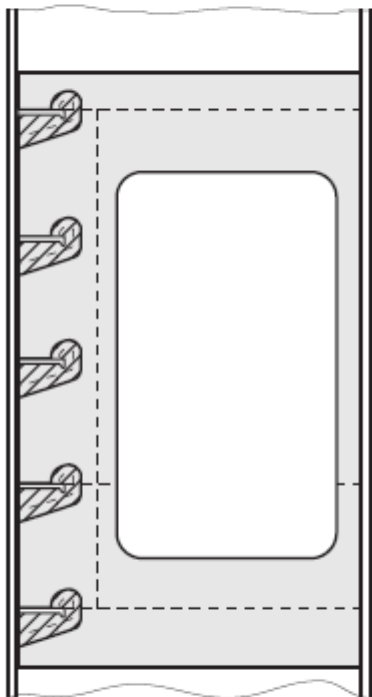
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 2	Side structure including tanks	7	
Detail of damage		Fractures at the termination of stringer deck (raised tank)	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Damage can be caused by stress concentration leading to fatigue in this region. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fracture in tank top plating to be cropped and renewed by insert. 2. Repair A: Small brackets should be provided at the termination in longitudinal and / or transverse direction (proposed length about 100 mm) 3. Repair B: Modification of the design with soft nose transition should be considered. 	

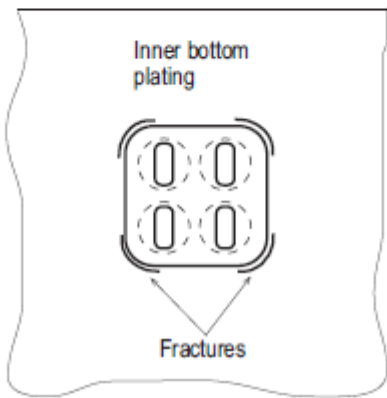
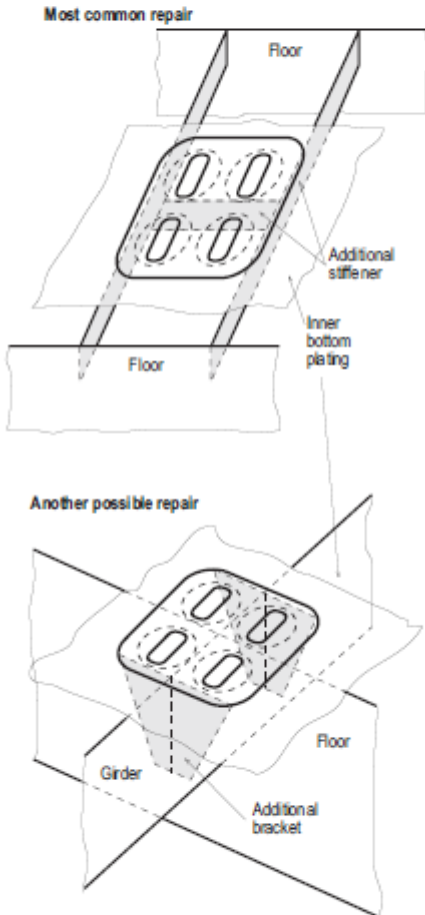
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 2	Side structure including tanks		8
Detail of damage		Fracture in stringer deck in way of container sockets	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration in the radiused corner in combination with stress concentration due to the arrangement of two separate container sockets. 2. Missing or insufficient support by internal structure in way of the container sockets. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured plating of stringer deck to be cropped and renewed by insert. 2. Use of a combined container socket instead of two separate sockets. 3. Additional internal stiffening structure should be considered, if necessary 	

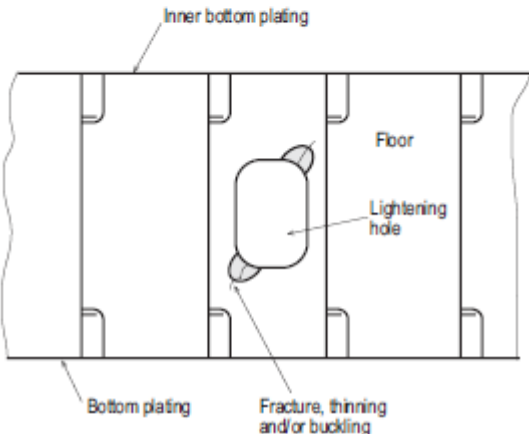
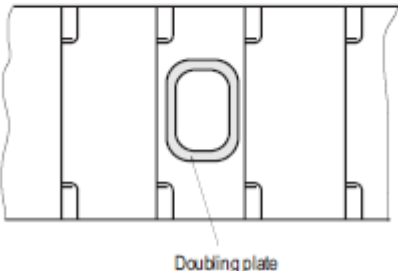
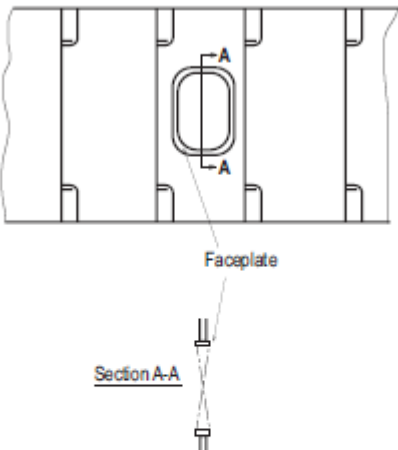
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 3	Transverse bulkhead structure		1
Detail of damage		Corrosion along inner bottom plating	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Heavy corrosion including grooving along inner bottom.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. The extent of the renewal should be determined carefully. If the renewal plate (original thickness) is welded to thin plate (corroded plate), it may cause stress concentration and cause fracture.</p> <p>2. Protective coating should be applied.</p>	

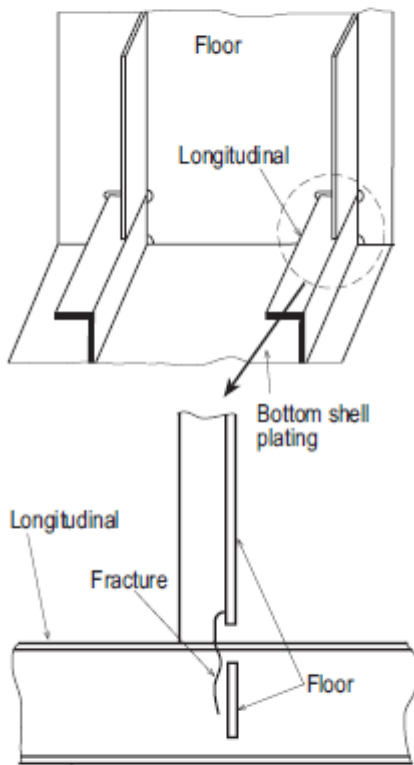
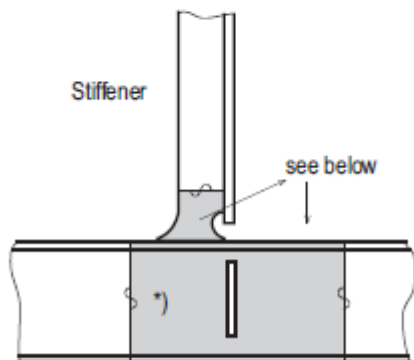
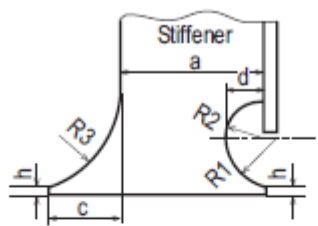
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 3	Transverse bulkhead structure		2
Detail of damage		Buckling in transverse bulkhead	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Heavy general corrosion.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. The extent of the renewal should be determined carefully. If the renewal plating (original thickness) is welded to thin plating (corroded plating), it may cause stress concentration and fracture.</p> <p>2. Protective coating should be applied.</p>	

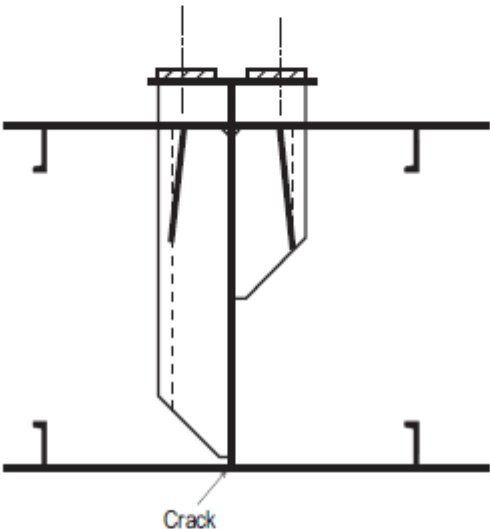
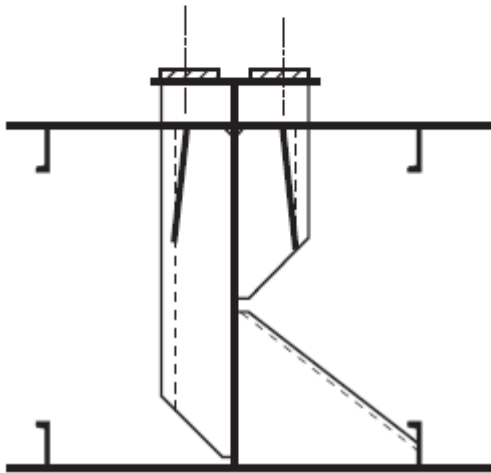
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 3	Transverse bulkhead structure		3
Detail of damage		Fractures in cut-outs for vertical stiffeners	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Damage caused by stress concentration leading to fatigue fractures.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. The fractured plating is to be cropped and part renewed as necessary.</p> <p>2. Collar plates to cut-outs are to be installed.</p>	

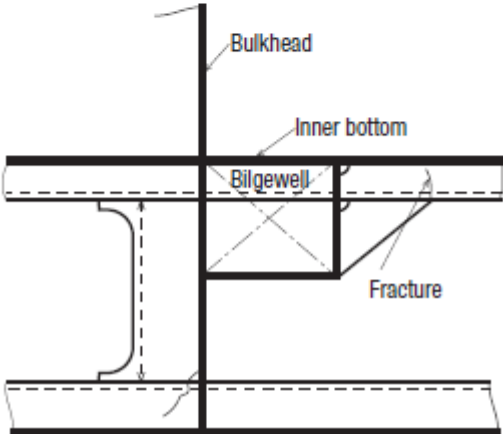
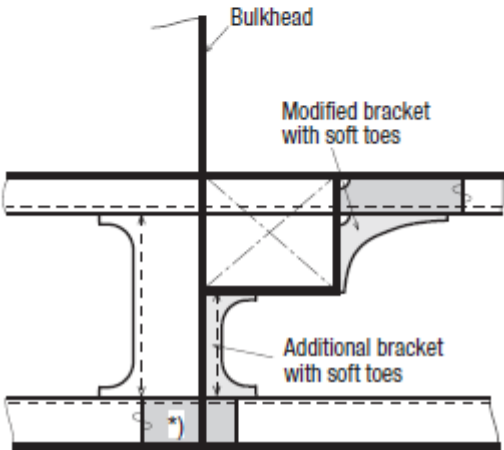
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 3	Transverse bulkhead structure		4
Detail of damage		Fractures at the corners of access cut-outs	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Damages caused by stress concentration leading to fatigue fractures.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Insertion of plating of increased thickness (chamfer 1:3 to 1:5).</p> <p>2. Collar plates to cut-outs for vertical stiffeners are to be installed.</p> <p>3. Additional stiffener adjacent to access opening to be fitted</p> <p>4. Reduction in size of access hole to be considered.</p>	

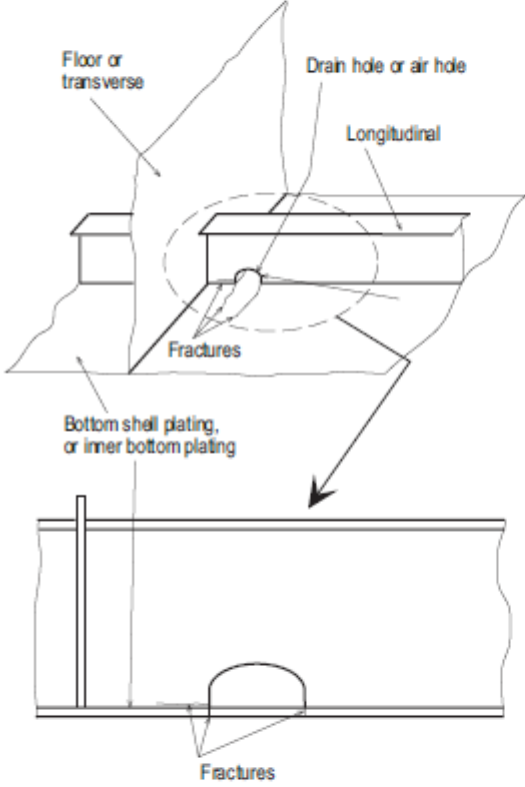
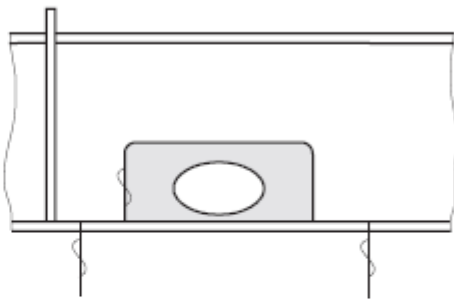
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 4	Double bottom tank structure	1	
Detail of damage		Fractures in inner bottom plating around container bottom pocket	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Pocket is not supported correctly by floor, longitudinal and/or stiffener.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured plating should be cropped and part renewed.</p> <p>2. Adequate reinforcement should be considered.</p>	

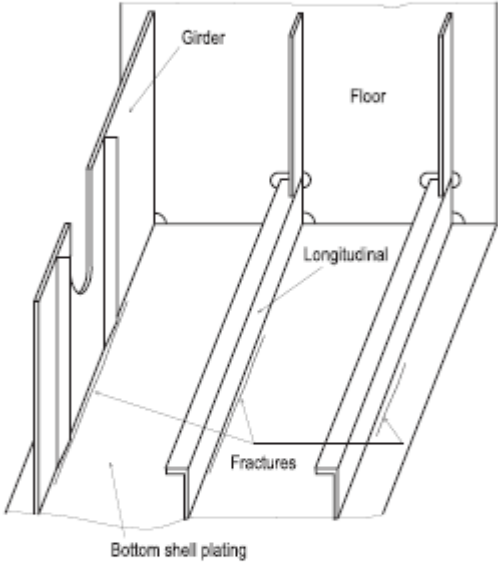
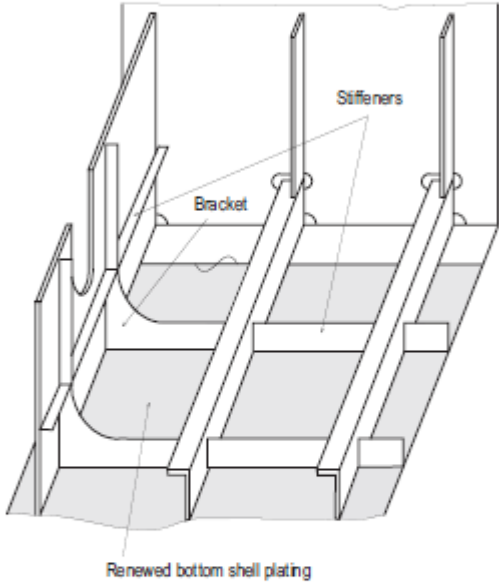
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 4	Double bottom tank structure	2	
Detail of damage		Fractures, corrosion and/or buckling of floor/girder around lightening hole	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> <p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Insufficient strength due to lightening hole. 2. Fracture, corrosion and/or buckling around lightening hole due to high stress. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured, corroded and/or buckled plating should be cropped and renewed if considered necessary. 2. Appropriate reinforcement should be considered. 	

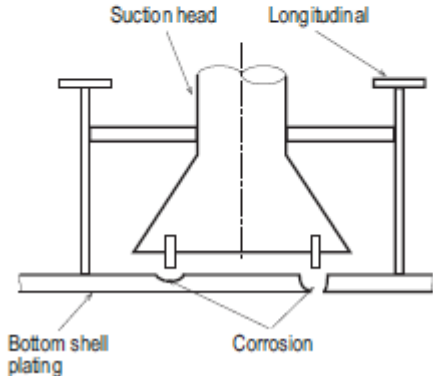
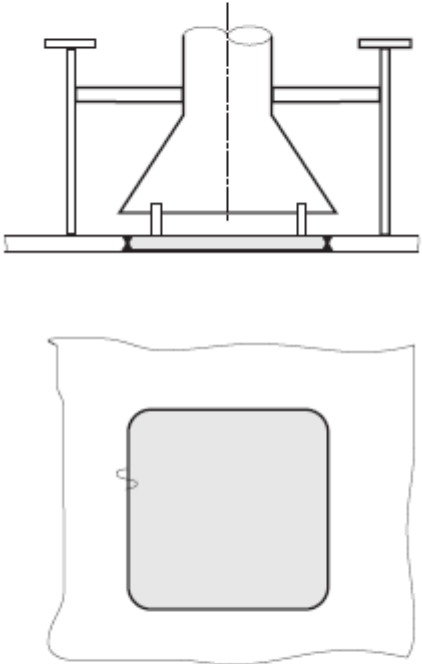
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structure		3
Detail of damage		Fractures in longitudinal at floor or bulkhead	
<p>Sketch of damage</p>  <p>Note: Same damage may occur at similar connection to inner bottom plating</p>		<p>Sketch of repair</p>  <p>*) Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed</p>  <p>Various cut-out shapes have been developed. The following is one example.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Toe height as small as possible ($h = 10 - 15 \text{ mm}$) 2. Depth "d" of key hole notch as small as possible, max. 30 mm 3. For a slope at toe max. 1 : 3: $R1 = 1.5 d$ $R2 = d$ and $R3 = 1.5 c$ 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal, then crop and part renew. Otherwise the fracture can be veed-out and welded.</p>	

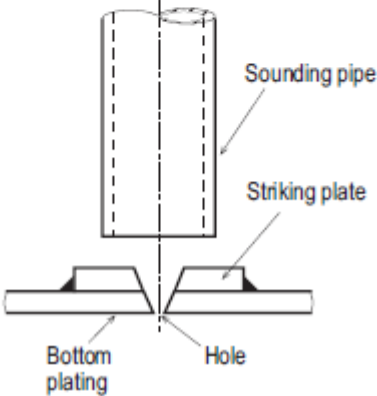
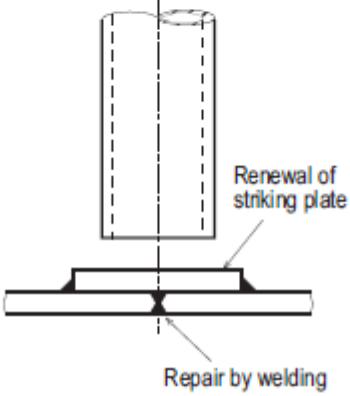
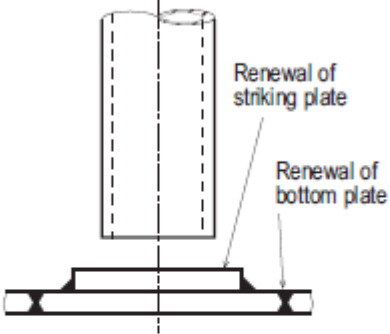
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structure		4
Detail of damage		Fractures in longitudinal girders in way of container support	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Damage can be caused by an insufficient strength of the longitudinal girder at the termination of the vertical stiffeners. The effect of a simultaneous occurrence of the tank pressure from one side and an asymmetrical load from the container sockets has not been taken into account.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured part of the longitudinal girder has to be cropped and renewed by an insert.</p> <p>2. The lower part of the girder has to be supported by an additional transverse stiffener on the bottom shell plating.</p>	

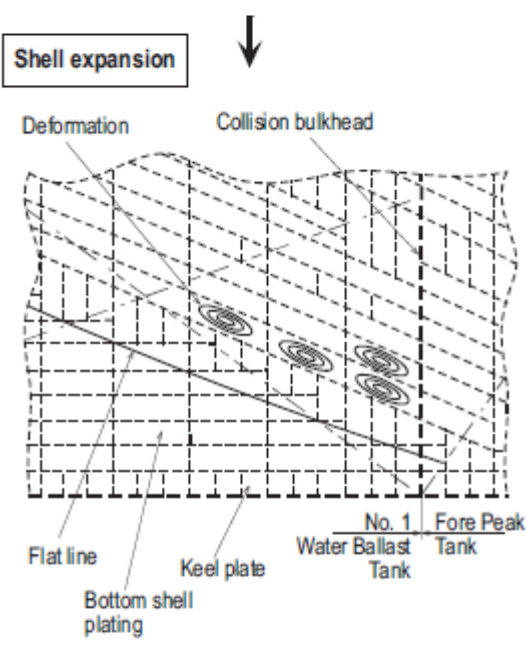
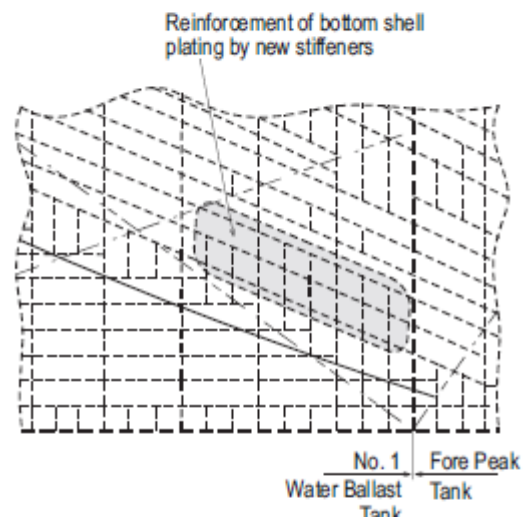
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structure		5
Detail of damage		Fractures in longitudinal in way of bilge well	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <p>*) : Where required the longitudinals to be cropped and part renewed</p>	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. If fractures are not extensive e.g. hairline fractures then these can be vee-d-out and welded. 2. If the fracture has extended to over one third of the depth of the longitudinal then crop and part renew. 	

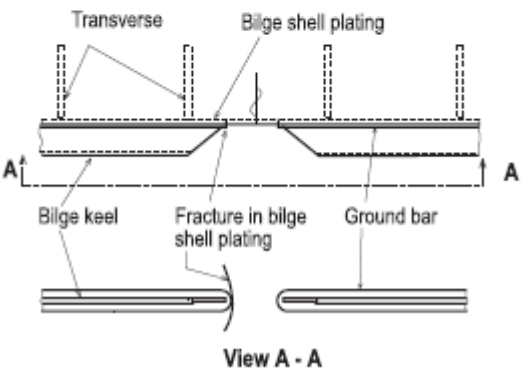
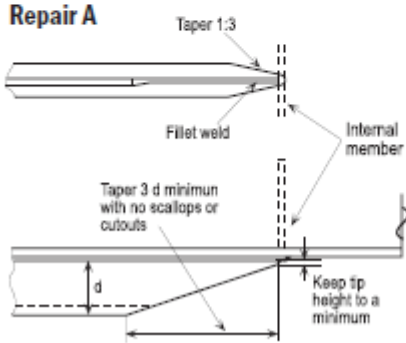
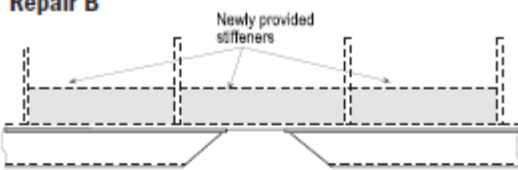
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structure		6
Detail of damage		Fractures in bottom shell or inner bottom plating at the corner drain hole/air hole in longitudinal	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration and/or corrosion due to stress concentration at the corner of drain hole/air hole. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured plating should be cropped and part renewed. 2. If fatigue life is to be improved, change of drain hole/air hole shape is to be considered. 	

CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structure		7
Detail of damage		Fractures in bottom plating alongside girder and/or bottom longitudinal	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Vibration.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured bottom shell plating should be cropped and renewed.</p> <p>2. Natural frequency of the panel should be changed, e.g. reinforcement by additional stiffener/bracket.</p>	

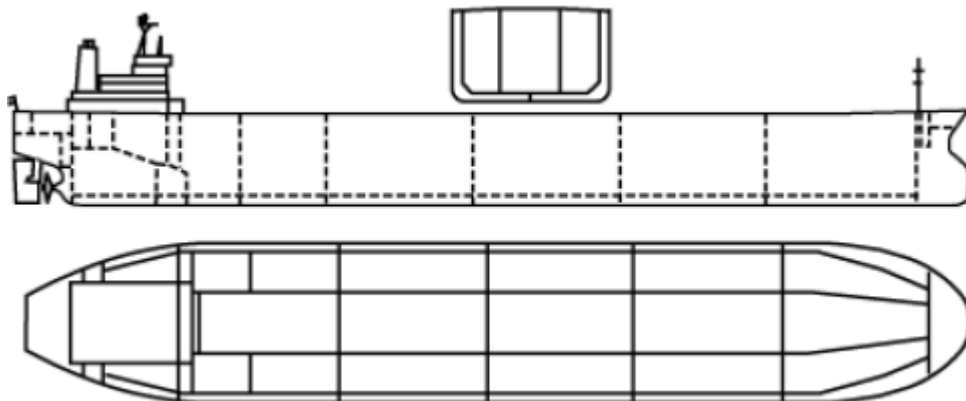
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region	EXAMPLE No.	
AREA 4	Double bottom tank structure	8	
Detail of damage		Corrosion in bottom plating below suction head	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Insert to have round corners 2. Non-destructive examination to be applied after welding based on the Classification Society's rules 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. High flow rate associated with insufficient corrosion prevention system. 2. Galvanic action between dissimilar metals. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Affected plating should be cropped and part renewed. Thicker plate and suitable beveling should be considered. 2. If the corrosion is limited to a small area, i. e. pitting corrosion, repair by welding is acceptable. 	

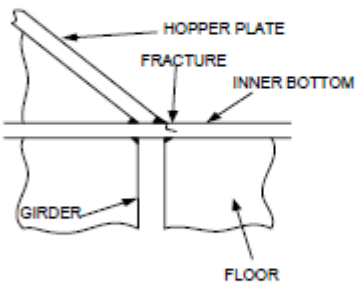
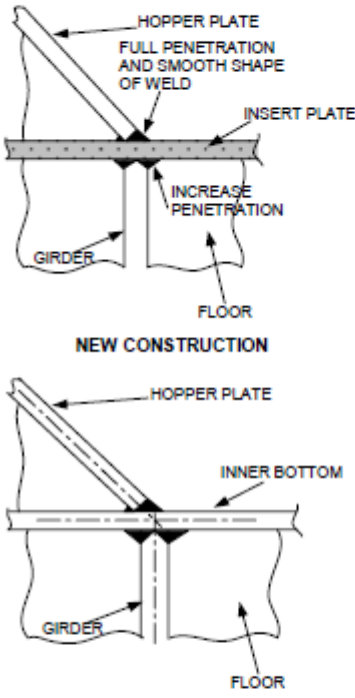
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structures		9
Detail of damage		Corrosion in bottom plating below sounding pipe	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> <p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Accelerated corrosion of striking plate by the striking of the weight of the sounding tape.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Corroded bottom plating should be welded or partly cropped and renewed if considered necessary.</p> <p>2. Corroded striking plate should be renewed.</p>	

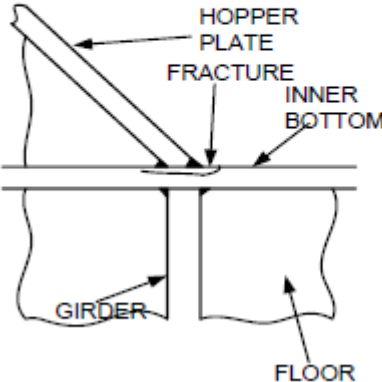
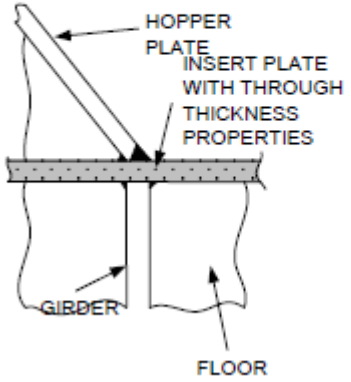
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structure		10
Detail of damage		Deformation of forward bottom shell plate due to slamming	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Heavy weather. 2. Poor design for slamming. 3. Poor operation, i.e. negligence of heavy ballast. 		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Deformed bottom shell plating should be faired in place, or partly cropped and renewed if considered necessary. 2. Bottom shell plating should be reinforced by stiffeners. 	

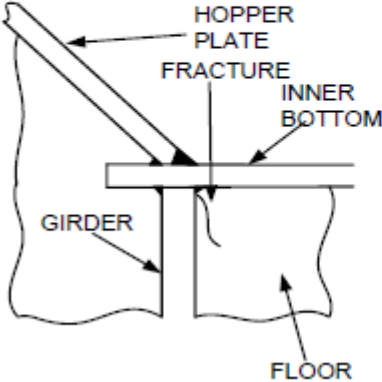
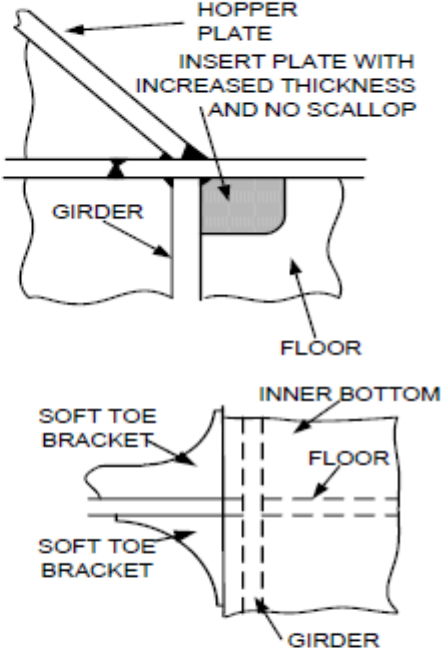
CONTAINER SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures	
PART 1	Cargo hold region		EXAMPLE No.
AREA 4	Double bottom tank structure		11
Detail of damage		Fractures in shell plating at the termination of bilge keel	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p> <p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 	
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Poor design causing stress concentration.</p>		<p>Notes on repairs</p> <p>1. Fractured plating is to be cropped and renewed.</p> <p>2. Reduction of stress concentration of the bilge keel end should be considered.</p> <p>Repair A: Modification of the detail of end</p> <p>Repair B: New internal stiffeners</p> <p>Repair C: Continuous ground bar (in connection with Repair A)</p> <p>3. Instead of Repair A or B continuous ground bar and bilge keel should be considered.</p>	

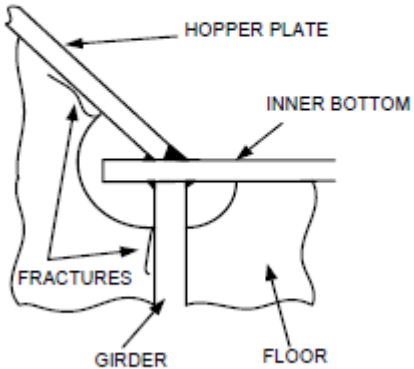
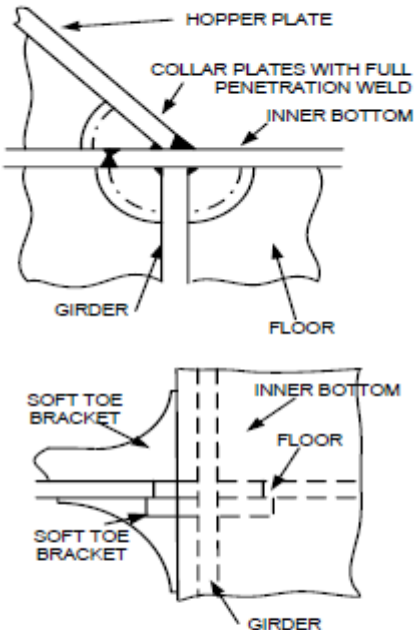
ANEXO 3: BUQUES PETROLEROS

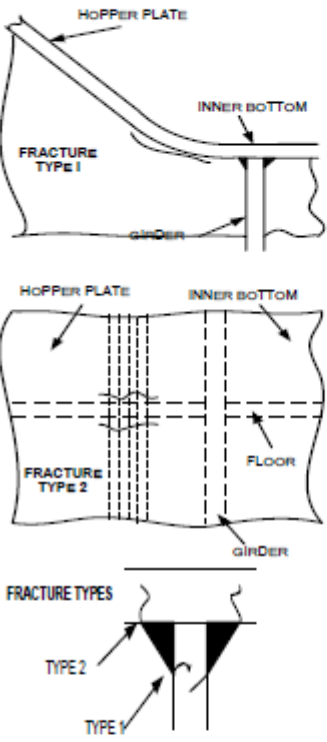
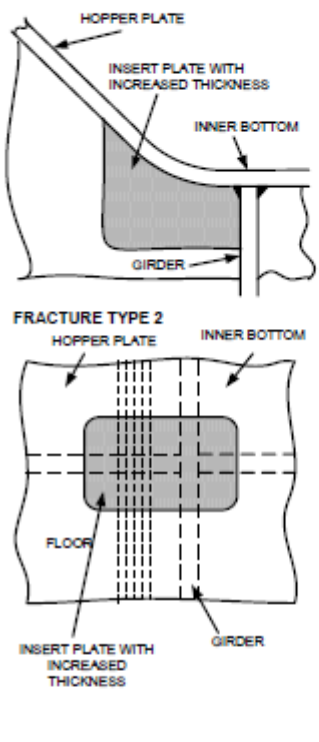


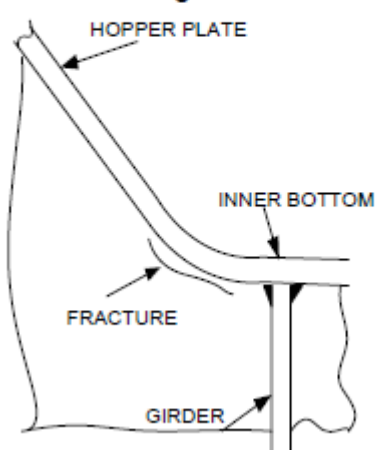
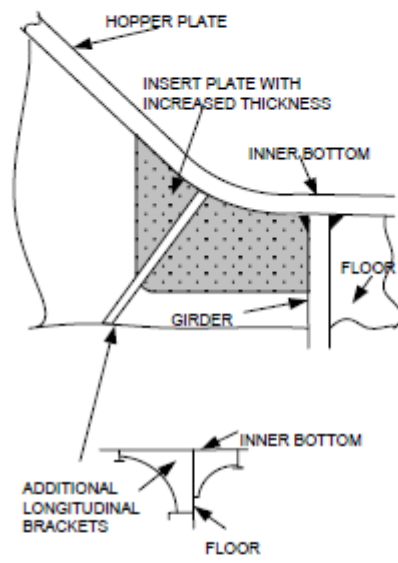
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 1	Cargo area	Example No.
	Hopper and double bottom ballast tank	1
Detail of damage	Fracture on the inner bottom plating at the connection of hopper plate to inner bottom	
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>Notes: Plate midlines intersect</p>
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at juncture of hopper plate to inner bottom. 2. Insufficient welding connection. 3. Misalignment between hopper plate, inner bottom and girder. 		Notes on repairs See Sketch.

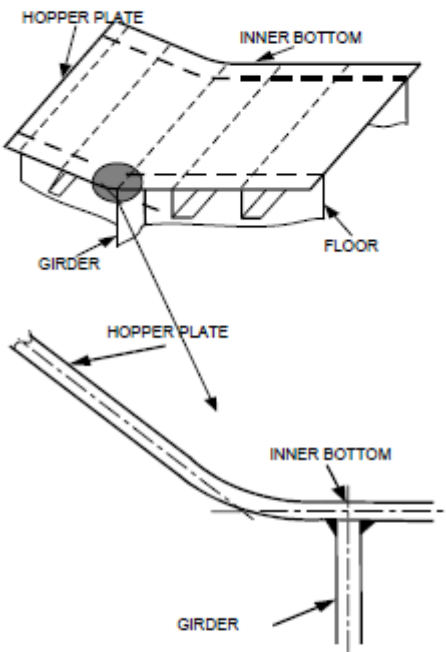
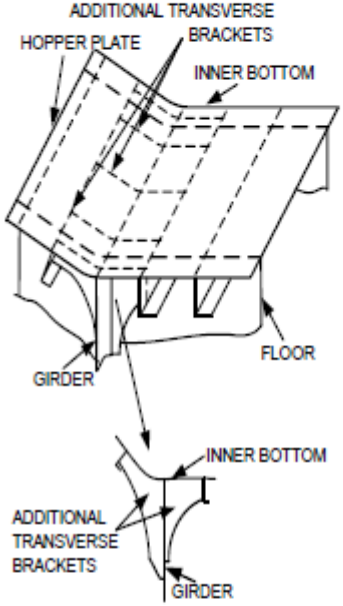
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 1	Cargo area	Example No.	
	Hopper and double bottom ballast tank	2	
Detail of damage		Fracture at connection of bilge hopper plate and inner bottom	
Sketch of damage 		Sketch of repair  <p>Notes: Plate midlines intersect</p>	
Factors which may have caused damage 1. Stress concentration at the knuckle.		Notes on repairs See Sketch.	

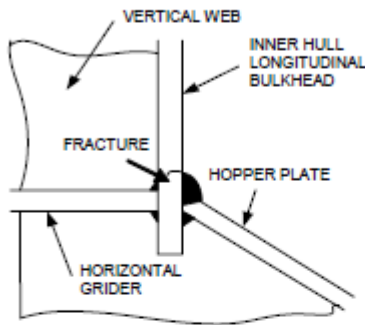
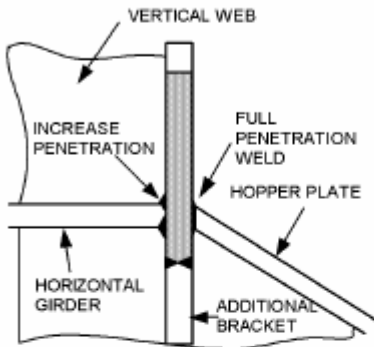
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 1	Cargo area	Example No.
	Hopper and double bottom ballast tank	3
Detail of damage	Fracture at connection of bilge hopper plate and inner bottom	
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>Notes: Plate midlines intersect</p>
Factors which may have caused damage 1. Stress concentration at the knuckle.		Notes on repairs See Sketch.

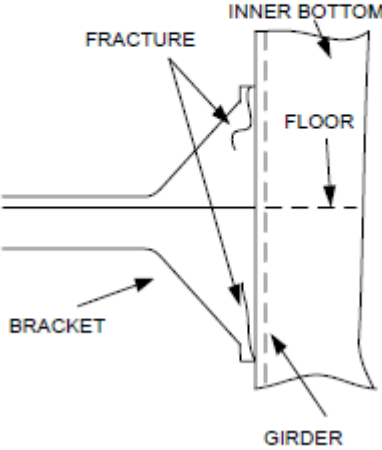
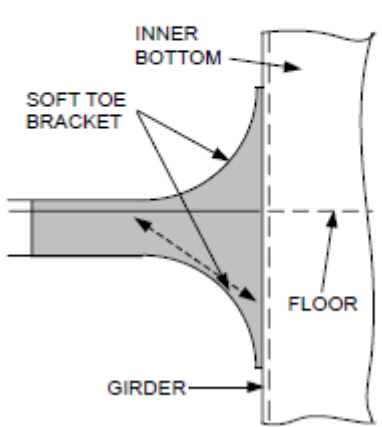
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 1	Cargo area	Example No.
	Hopper and double bottom ballast tank	4
Detail of damage		Fracture at connection of bilge hopper plate and inner bottom
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>Notes: Plate midlines intersect</p>
Factors which may have caused damage 1. Stress concentration at the knuckle.		Notes on repairs See Sketch.

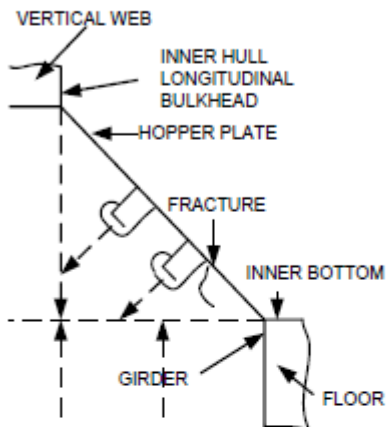
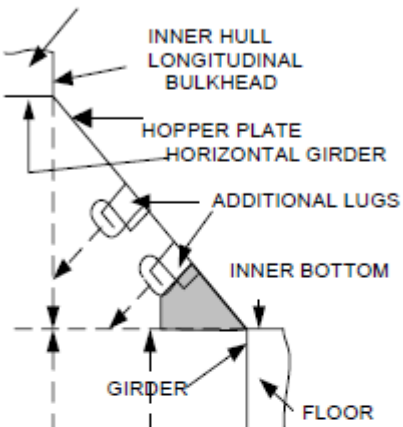
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 1	Cargo area	Example No.
	Hopper and double bottom ballast tank	5
Detail of damage		Fractured floor and inner bottom plate in way of juncture of inner bottom to hopper plate
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Sketch of damage showing Fracture Type 1 and Fracture Type 2. Fracture Type 1 shows a hopper plate, inner bottom, and girder with a fracture at the junction. Fracture Type 2 shows a hopper plate, inner bottom, floor, and girder with a fracture at the junction. A legend shows Fracture Type 1 as a V-shape and Fracture Type 2 as a U-shape.</p>		 <p>Sketch of repair showing Fracture Type 1 and Fracture Type 2. Fracture Type 1 shows a hopper plate, inner bottom, and girder with an insert plate with increased thickness at the junction. Fracture Type 2 shows a hopper plate, inner bottom, floor, and girder with an insert plate with increased thickness at the junction.</p>
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Misalignment. The three mid-lines do not cross at the same joint. This misalignment produces an out-of-plane deformation of inner bottom plate in way of knuckle line. 2. Stress concentration at connection between floor and inner bottom plate. 3. Static and dynamic load of ballast water. 		Notes on repairs See Sketch.

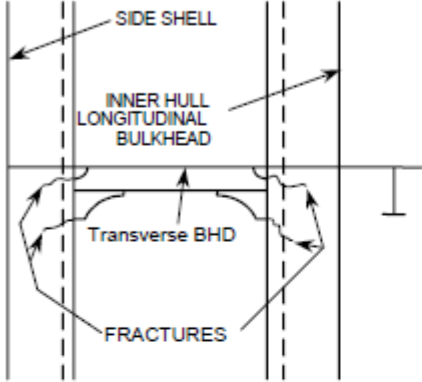
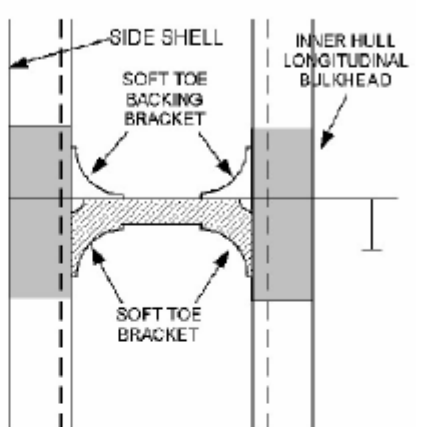
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 1	Cargo area	Example No.
	Hopper and double bottom ballast tank	6
Detail of damage	Fracture at connection of bilge hopper plate and web frame	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. Stress concentration due to reduction of effective flange area at curved plate.		Notes on repairs See Sketch.

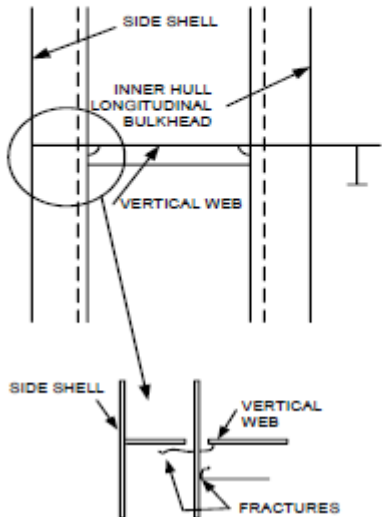
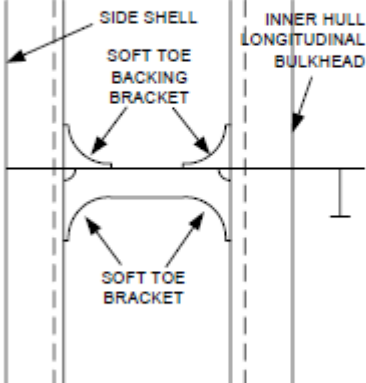
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 1	Cargo area	Example No.
	Hopper and double bottom ballast tank	7
Detail of damage	Rounded hopper plate deformation in way of the floor	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Factors which may have caused damage 1. Misalignment. The three midlines do not cross at the same joint. This misalignment produces an out-of-plane deformation in knuckled plate in the vicinity of floor. 2. Insufficient stiffening between floors.		Notes on repairs See Sketch.

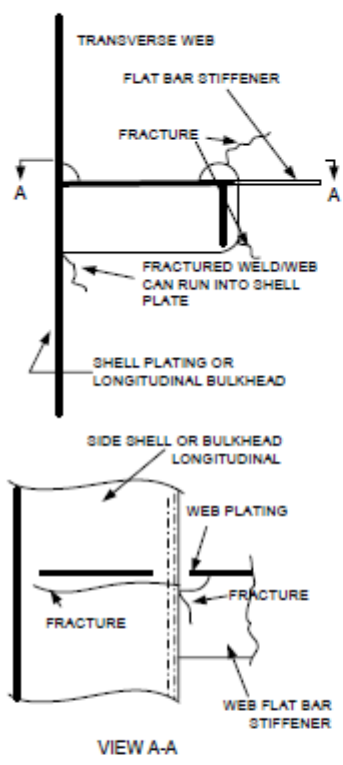
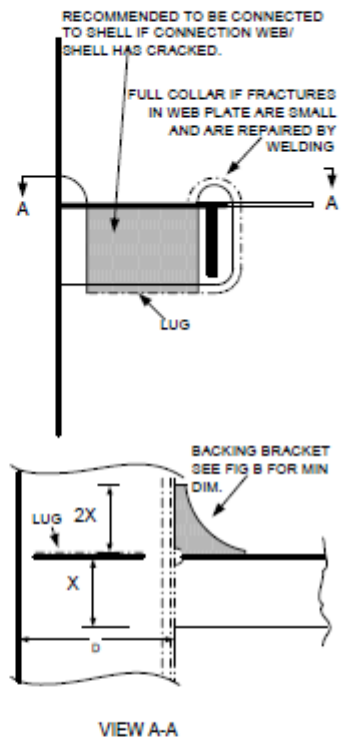
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 1	Cargo area	Example No.	
	Wing cargo tank	8	
Detail of damage	Fracture at the connection of hopper plate to outside longitudinal bulkhead.		
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Factors which may have caused damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. Stress concentration at junction of hopper plate to outside longitudinal bulkhead.2. Insufficient welding connection and/or incorrect shape of the weld toe.3. Misalignment between hopper plate, outside longitudinal bulkhead and side stringer.		See Sketch.	

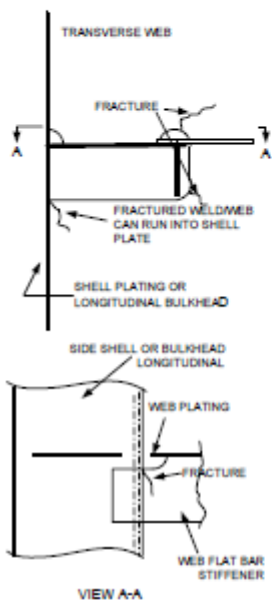
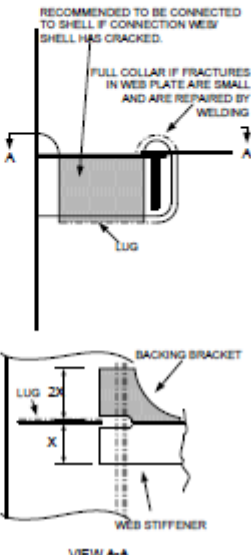
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 1	Cargo area	Example No.	
	Hopper and double bottom ballast tank	9	
Detail of damage		Fracture in gusset plate in line with inner bottom	
Sketch of damage		Sketch of repair	
		 <p>Notes: Bracket radii as large as practicable. Bracket same thickness as inner bottom stiffener. Toe height should be small as possible while still allowing return weld (wrapped weld).</p>	
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration due to small radius and abrupt toe. 2. Insufficient welding. 3. Insufficient sectional area (thickness x breadth) of the connecting bracket. 		Notes on repairs See Sketch.	

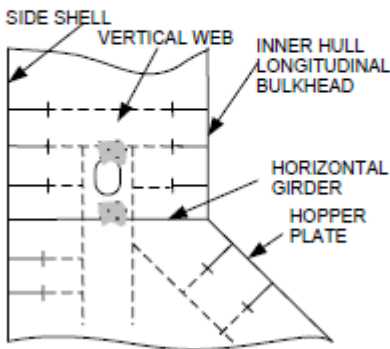
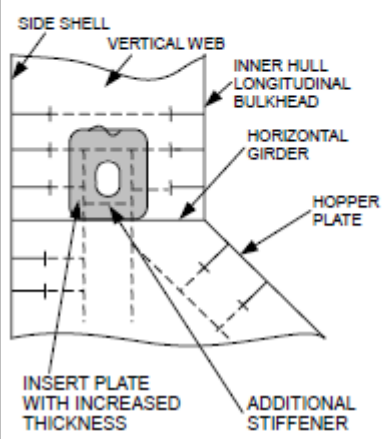
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 1	Cargo area	Example No.
	Hopper ballast tank	10
Detail of damage	Fracture in way of cut-out in hopper plate	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Factors which may have caused damage 1. Stress concentration due to no collar plate.		Notes on repairs See Sketch.

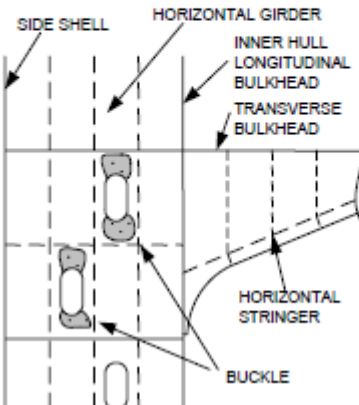
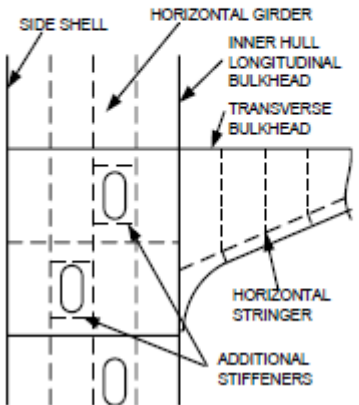
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 2	Cargo area	Example No.
	Wing ballast tank	1
Detail of damage	Crack in way of connection of longitudinals to transverse bulkhead	
Sketch of damage	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Sketch of damage</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Sketch of repair</p> </div> </div>	
Factors which may have caused damage	<p>Notes on repairs See Sketch.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Asymmetrical connection of bracket without backing bracket. 2. Relative deflection of adjoining transverse web against transverse bulkhead. 3. Additional biaxial bending stresses due to asymmetry of the angle bar longitudinal instead of symmetric T section. 4. Dynamic load in the vicinity of the water line. 5. Large upstand at bracket toe. 	

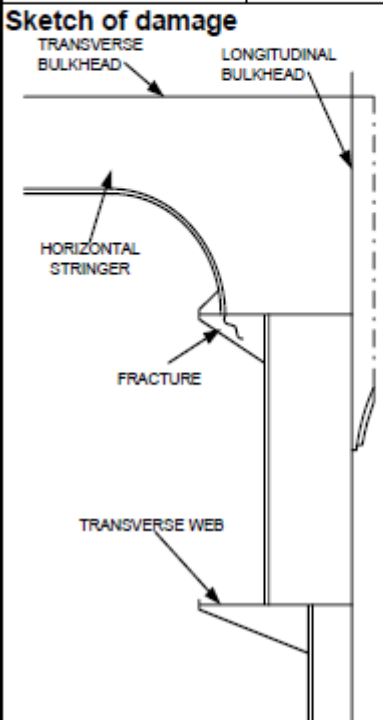
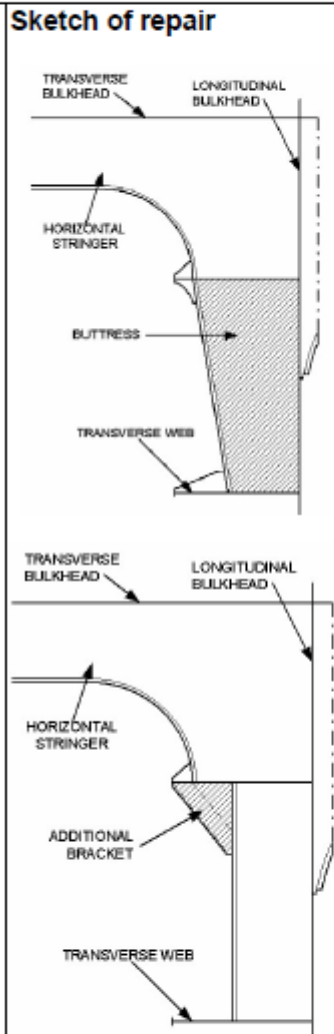
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 2	Cargo area	Example No.	
	Wing ballast tank	2	
Detail of damage		Crack in way of connection of longitudinals to transverse webs	
Sketch of damage 		Sketch of repair 	
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Asymmetrical connection of flat bar stiffener resulting in high peak stresses at the heel of the stiffener. 2. Insufficient area of connection of longitudinal to web. 3. High bending stresses in the longitudinal. 4. Additional biaxial bending stresses due to asymmetry of the longitudinal (angle bar instead of symmetric T bar). 5. Stress concentration at the square angles at heel and toe of the connections. 6. High shear stress in the transverse web. 		Notes on repairs See Sketch.	

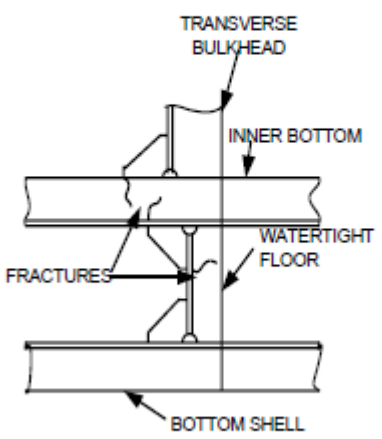
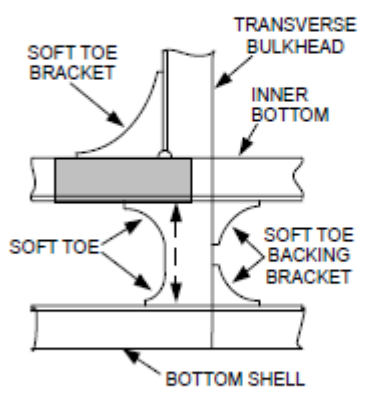
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 2	Cargo area	Example No.
	Wing ballast tank	3
Detail of damage	Fracture in way of web and flat bar stiffener at cut outs for longitudinal stiffener connections.	
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>Insert longitudinal.</p>
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Asymmetrical connection of flat bar stiffener resulting in high peak stress at heel of the stiffener under fatigue loading. 2. Insufficient area of connection of longitudinal to web plate. 3. Defective weld at return around the plate thickness. 4. High localized corrosion at areas of stress concentrations such as flat bar stiffener connections, corners of cut out for longitudinal and connection of web to shell at cut outs. 5. High shear stress in web of the transverse. 6. Dynamic seaway loads/motions. 		Notes on repairs See Sketch. May also fit a double bracket to avoid fracture from toe.

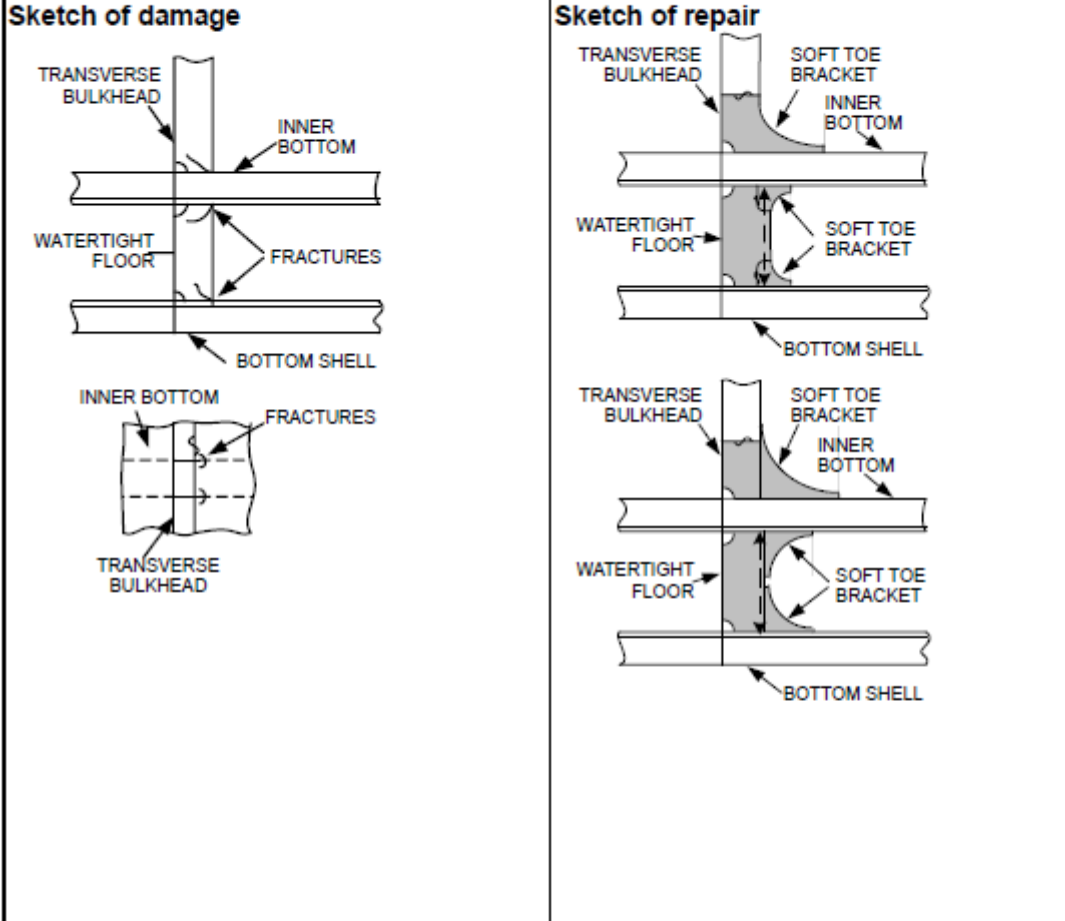
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 2	Cargo area	Example No.
	Wing ballast tank	4
Detail of damage	Fracture in way of web and flat bar stiffener at cut outs for longitudinal stiffener connections as Example 3 but with faceplate attached to underside of web. Flat bar lap welded.	
Sketch of damage		
Sketch of repair	 <p>Insert web plate.</p>	
Factors which may have caused damage	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asymmetrical connection of flat bar stiffener resulting in high peak stress at heel of the stiffener under fatigue loading. 2. Fabricated longitudinal with welding onto exposed edge of the web resulting in poor fatigue strength of the connection of the longitudinal to the flat bar. 3. Insufficient area of connection of longitudinal to web plate. 4. Defective weld at return around the plate thickness. 5. High localized corrosion at areas of stress concentrations such as flat bar stiffener connections, corners of cut out for longitudinal and connection of lug to shell at cut outs. 6. High shear stress in web of the transverse. 7. Dynamic seaway loads/motions. 	
Notes on repairs	<p>See Sketch.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. May also fit a double bracket to avoid fracture from toe. 	

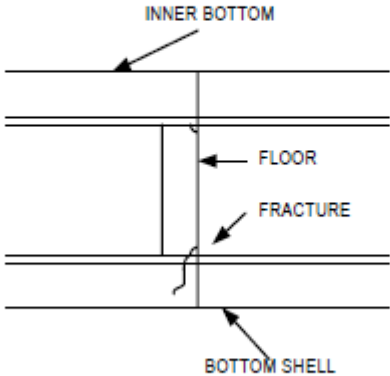
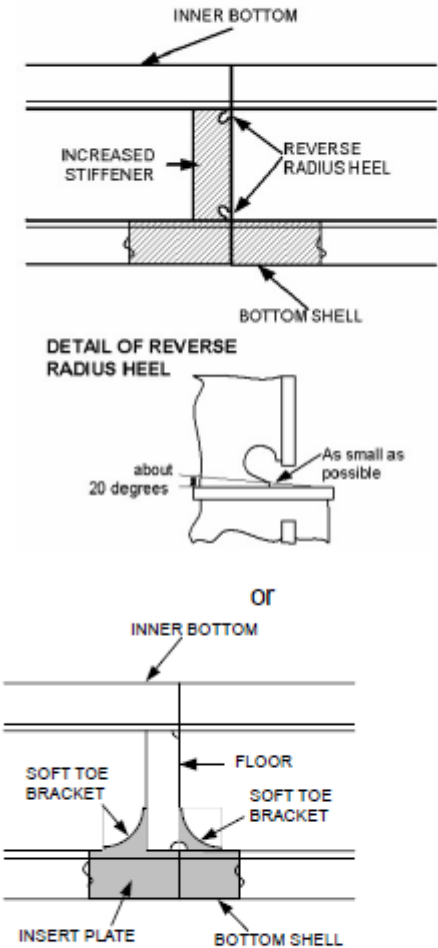
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 2	Cargo area	Example No. 5
	Wing ballast tank	
Detail of damage		Buckling in way of side web panels above hopper horizontal girder
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. High shear stress in the transverse web. 2. Insufficient buckling strength.		Notes on repairs See Sketch.

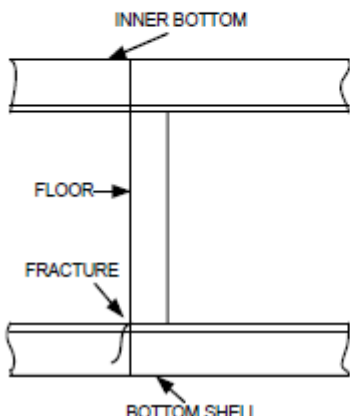
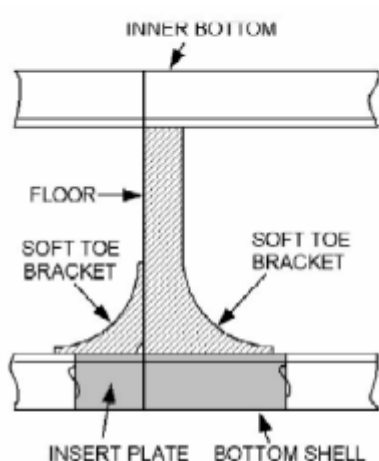
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 2	Cargo area	Example No.
	Wing ballast tank	6
Detail of damage	Panels of side horizontal girders in way of transverse bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. High shear or compressive stress in the stringer. 2. Insufficient buckling strength.		Notes on repairs See Sketch.

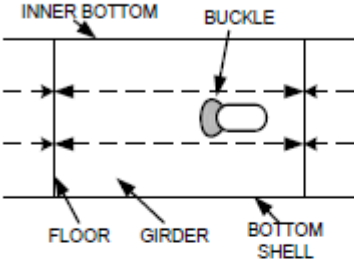
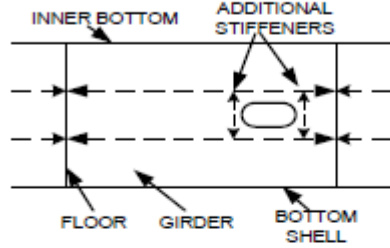
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 2	Cargo area	Example No.
	Wing ballast tank	7
Detail of damage	Fracture at connection of horizontal stringers to transverse web frames and horizontal girders	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Factors which may have caused damage 1. Stress concentration due to discontinuous structure. 2. High shear stress in the horizontal stringer.		Notes on repairs See Sketch.

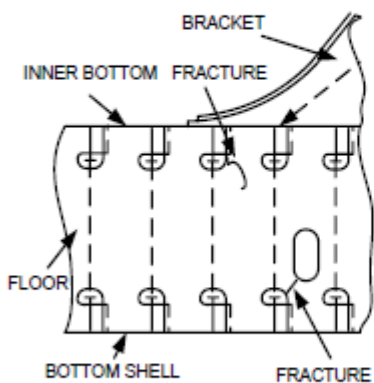
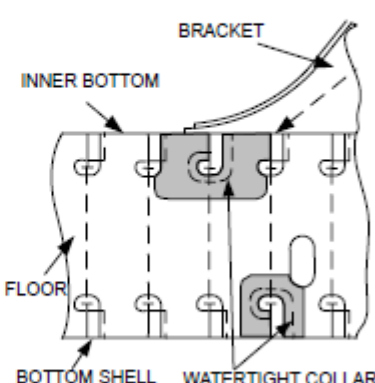
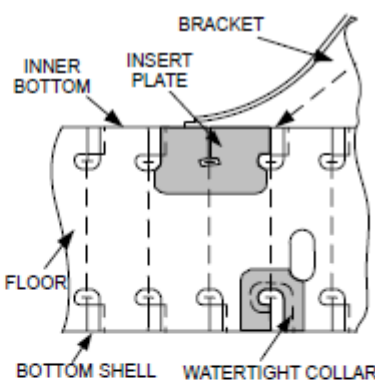
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 3	Cargo area	Example No.
	Bottom ballast tank	1
Detail of damage	Cracks in way of longitudinals connected to watertight floors	
Sketch of damage	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>TRANSVERSE BULKHEAD</p> <p>INNER BOTTOM</p> <p>WATERTIGHT FLOOR</p> <p>FRACTURES</p> <p>BOTTOM SHELL</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>SOFT TOE BRACKET</p> <p>TRANSVERSE BULKHEAD</p> <p>INNER BOTTOM</p> <p>SOFT TOE</p> <p>SOFT TOE BACKING BRACKET</p> <p>BOTTOM SHELL</p> </div> </div>	
Factors which may have caused damage	<p>1. Asymmetrical connection of bracket in association with a backing bracket, which is too small.</p> <p>2. Relative deflection between adjacent floor and transverse bulkhead.</p> <p>3. Inadequate shape of the brackets.</p> <p>4. High stresses in the inner bottom longitudinal and the floor stiffener.</p>	
Notes on repairs	See Sketch.	

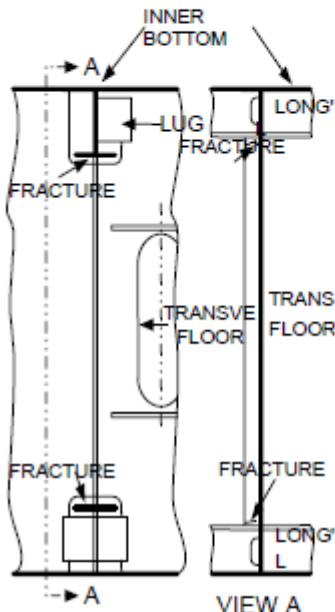
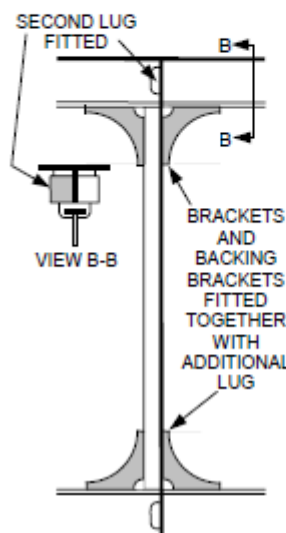
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 3	Cargo area	Example No.
	Bottom ballast tank	2
Detail of damage	Fracture in way of stiffeners at connection of inner bottom and bottom shell to transverse bulkhead and floors.	
Sketch of damage		
Factors which may have caused damage	Notes on repairs See Sketch. 1. If tank top plating is fractured, part crop and insert. 2. Proper alignment between bulkhead stiffener and inner bottom longitudinal is critical for successful repair. 3. Soft backing brackets may also be added.	

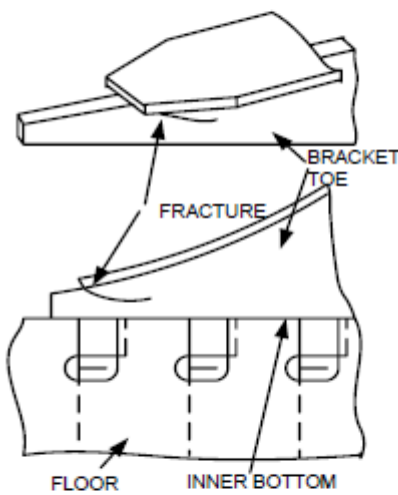
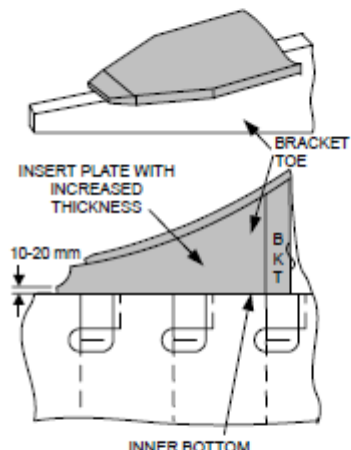
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 3	Cargo area	Example No.
	Bottom ballast tank	3
Detail of damage		Connection of longitudinals to ordinary floors.
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. Asymmetrical connection. 2. Relative deflection of adjacent floor to transverse bulkhead.		Notes on repairs See Sketch.

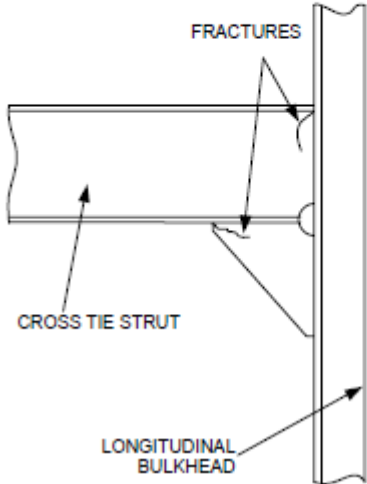
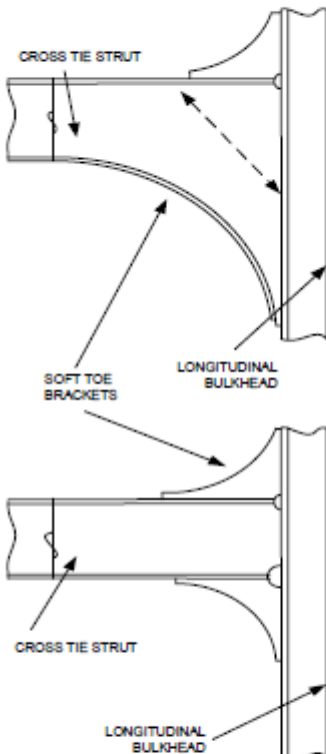
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 3	Cargo area	Example No.	
	Bottom ballast tank	4	
Detail of damage	Connection of longitudinals to ordinary floors		
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Factors which may have caused damage		Notes on repairs	
1. Stress concentration at the connection of bottom longitudinal and stiffener on floor.		See Sketch. 1. Butt welds in bottom longitudinal should be kept clear of the soft toe bracket toes. 2. If possible soft toe bracket and vertical stiffener should be integral.	

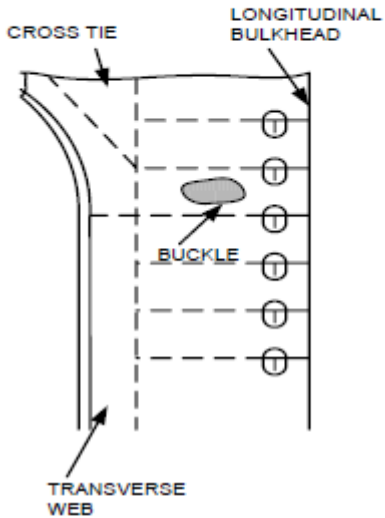
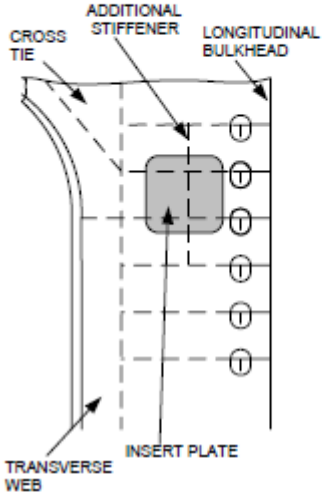
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 3	Cargo area	Example No.
	Bottom ballast tank	5
Detail of damage	Panels of bottom girders in way of openings.	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. High shear or compressive stress in the side girder. 2. Insufficient buckling strength. 		Notes on repairs See Sketch.

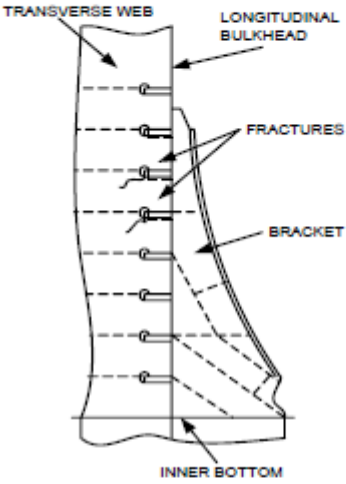
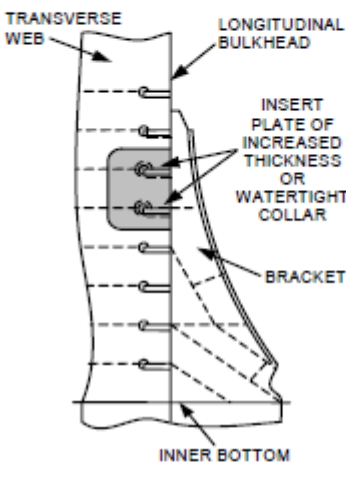
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 3	Cargo area	Example No.
	Bottom ballast tank	6
Detail of damage	Cut-outs on floors	
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>Above for relatively small fractures.</p>  <p>Above method for larger fractures.</p>
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. High stress in the vicinity of the transverse web frame bracket toe. 2. Lack of material between manhole and cut-out for bottom longitudinals. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Top sketch: Gouge and reweld fractures then fit WT collars. 2. Bottom sketch: As an alternative to rewelding and fitting collar, crop and insert.

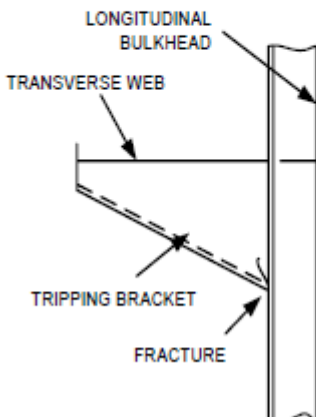
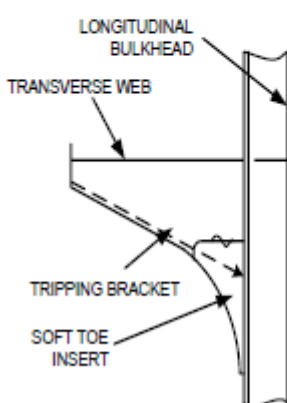
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 3	Cargo area	Example No. 7
	Bottom ballast tank	
Detail of damage	Fractured stiffener connection to bottom and inner bottom longitudinals.	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>VIEW A</p>		 <p>VIEW B-B</p>
Factors which may have caused damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none">1. Asymmetric connection leading to high local stresses at the connection of vertical stiffeners of the transverse floors to the inner and outer bottom longitudinals.2. Wide slot for longitudinal leads to inefficient lug connection.3. Sharp corners or flame-cut edges producing a notch effect.4. Incomplete/defective weld at stiffener connection to the longitudinals.5. Dynamic sea way loads/ship motions.		See Sketch.

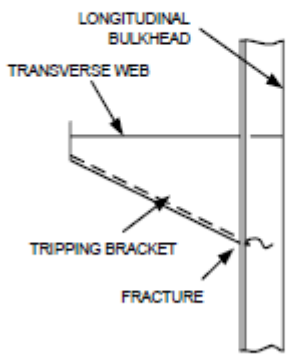
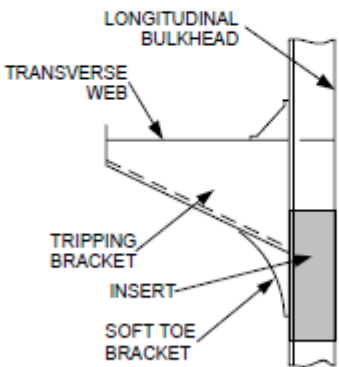
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 4	Cargo area	Example No.
	Web Frame in cargo tank	1
Detail of damage	Fracture at toe of web frame bracket connection to inner bottom.	
Sketch of damage	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>FLOOR INNER BOTTOM</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>BRACKET TOE</p> <p>INSERT PLATE WITH INCREASED THICKNESS</p> <p>10-20 mm</p> <p>INNER BOTTOM</p> </div> </div>	
Factors which may have caused damage	Notes on repairs See Sketch.	

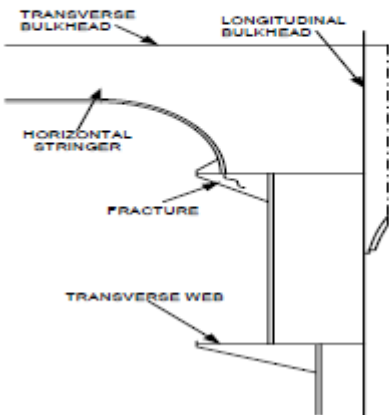
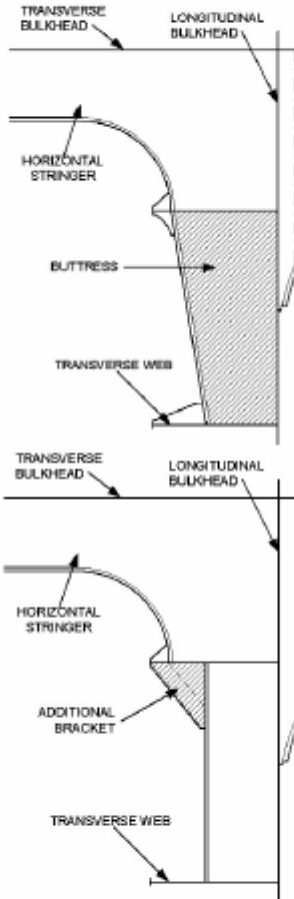
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 4	Cargo area	Example No.
	Web Frame in cargo tank	2
Detail of damage	Cross ties and their end connections	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration due to unsuitable bracket shape at juncture of cross tie to longitudinal. 2. Inadequate panel stiffening of web plate of cross-tie. 		Notes on repairs See Sketch.

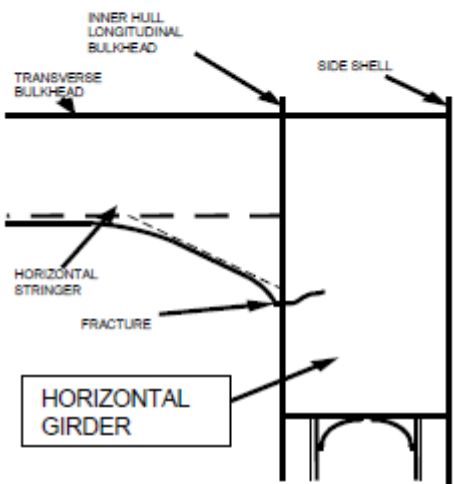
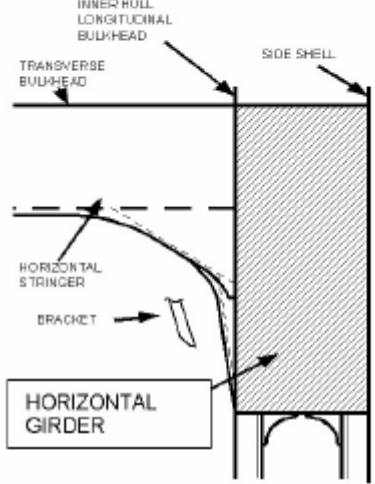
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 4	Cargo area	Example No.
	Web Frame in cargo tank	3
Detail of damage		Buckled transverse web plates in way of cross tie.
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. Insufficient panel stiffening on transverse web.		Notes on repairs See Sketch. 1. Depending upon size of deformation, additional stiffeners may be sufficient.

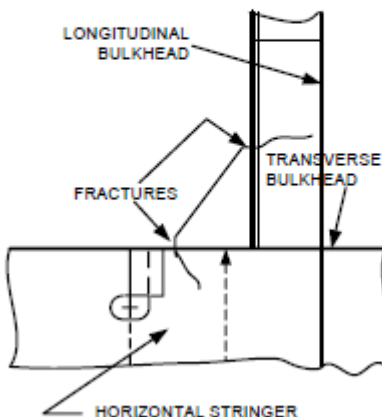
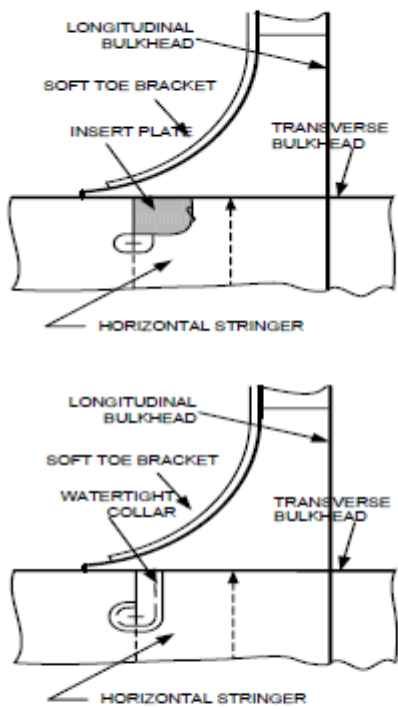
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 4	Cargo area	Example No.
	Web Frame in cargo tank	4
Detail of damage	Cut-outs around transverse bracket end.	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Factors which may have caused damage 1. High stresses at toe of bottom transverse end bracket. 2. Sharp corner at cut-out.		Notes on repairs See Sketch.

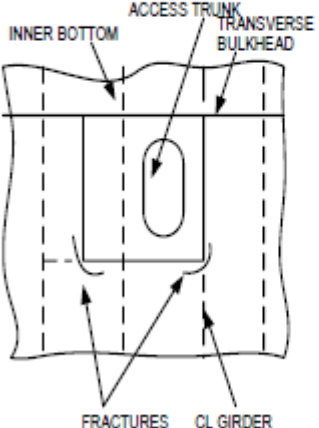
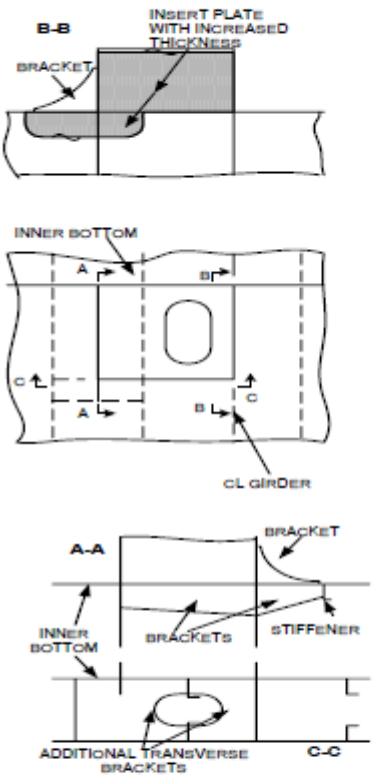
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 4	Cargo area	Example No.	
	Web Frame in cargo tank	5	
Detail of damage	Fracture in way of connection of transverse web tripping brackets to longitudinal		
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Factors which may have caused damage		Notes on repairs	
1. Hard spot at the toe of bracket. 2. Vibration.		See Sketch. 1. Soft bracket may be added on upper side of web, to avoid fracture at the heel.	

OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 4	Cargo area	Example No.
	Web Frame in cargo tank	6
Detail of damage	Tripping brackets modification of the bracket toe.	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentrations at toe of bracket. 2. High stress in longitudinal. 		Notes on repairs <p>See Sketch.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Soft bracket may be added on upper side of web, to avoid fracture at the heel.

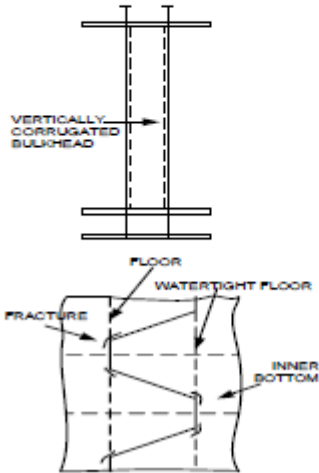
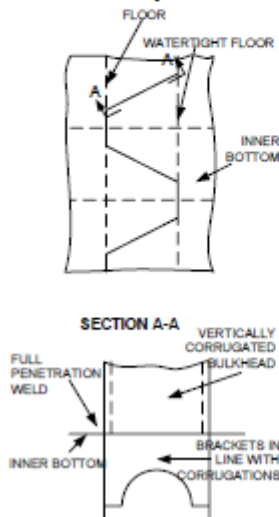
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 5	Cargo area	Example No.
	Transverse Bulkhead in cargo tank	1
Detail of damage	Fracture in way of connection of transverse bulkhead stringer to transverse web frames and longitudinal bulkhead stringer	
Sketch of damage	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	
Factors which may have caused damage	<p>1. Stress concentration due to discontinuous structure.</p> <p>2. High shear stress in the horizontal stringer.</p>	
Notes on repairs	See Sketch.	

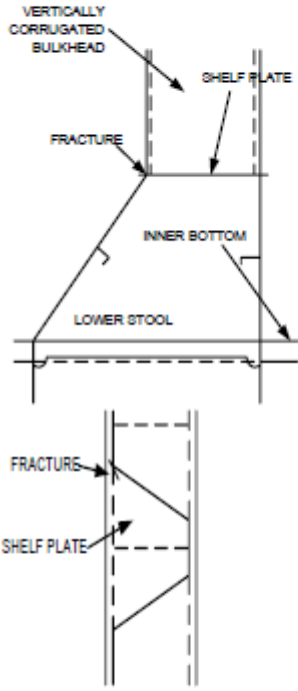
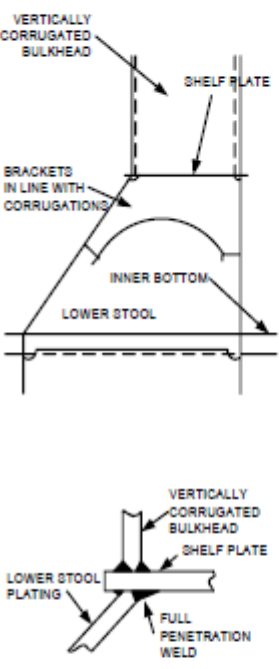
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 5	Cargo area	Example No.
	Transverse Bulkhead in cargo tank	2
Detail of damage	Horizontal stringer in way of longitudinal BHD cracked	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. Misalignment between bracket end and side girder in wing tank.		Notes on repairs See Sketch.

OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 5	Cargo area	Example No.	
	Transverse Bulkhead in cargo tank	3	
Detail of damage		Connection of longitudinals to horizontal stringers.	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Factors which may have caused damage		Notes on repairs	
<ol style="list-style-type: none">1. Stress concentration due to inadequate shape of the bracket.2. Relative deflection of adjoining transverse web against transverse bulkhead.		See Sketch	

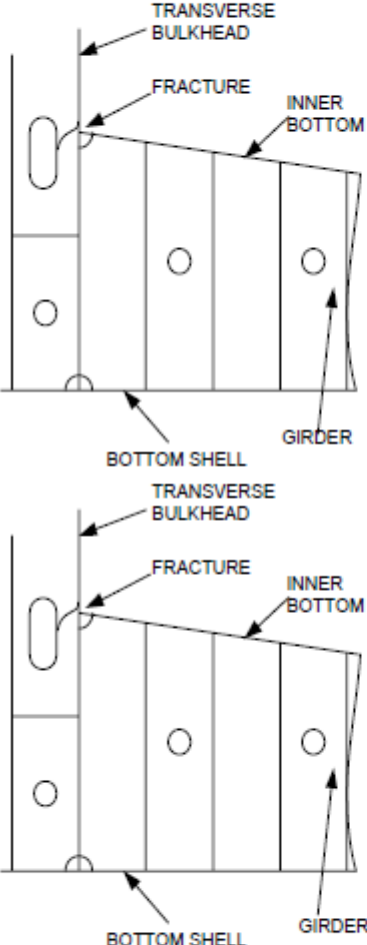
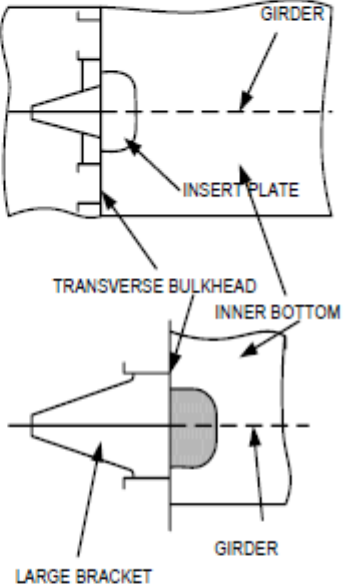
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 5	Cargo area	Example No.
	Transverse Bulkhead in cargo tank	4
Detail of damage	Fractured inner bottom plate at the connection to access trunk wall	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at the connection of trunk wall to inner bottom plate. 2. Relative deformation between horizontal stringer fitted on transverse bulkhead and inner bottom plate. 3. Static and dynamic load of cargo liquid. 		Notes on repairs See Sketch.

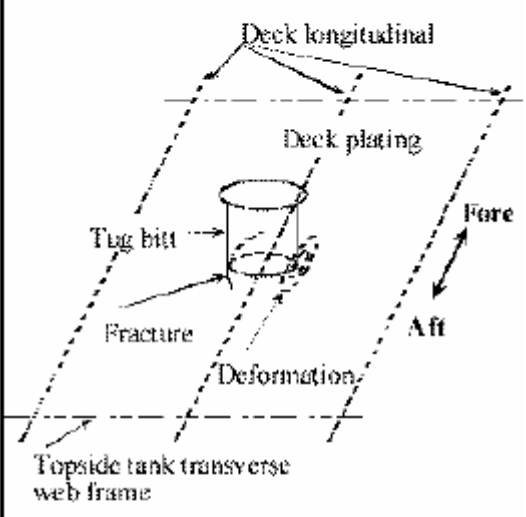
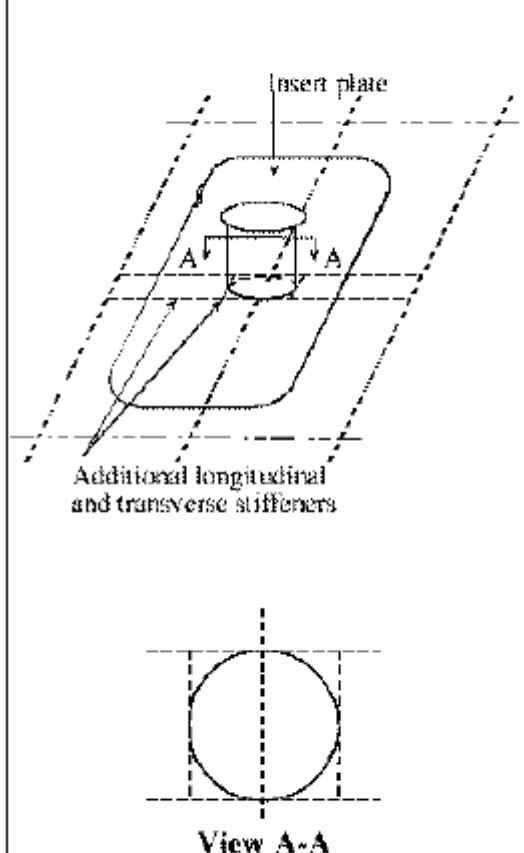
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 5	Cargo area	Example No.	
	Transverse Bulkhead in cargo tank	5	
Detail of damage	Bulkhead vertical web to deck and inner bottom		
Sketch of damage	Sketch of repair		
Factors which may have caused damage		Notes on repairs	
1. Stress concentration at toe of bracket due to sniped face plate and scallop in way.		See Sketch.	

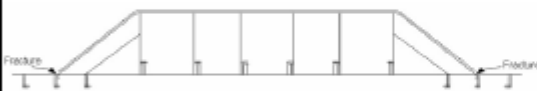
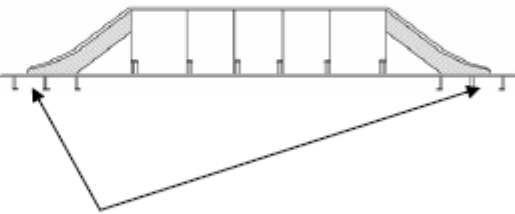
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 5	Cargo area	Example No.
	Transverse Bulkhead in cargo tank	6
Detail of damage	Vertically corrugated bulkhead without stool, connection to deck and inner bottom	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>The sketch shows a side view of a bulkhead structure. At the top, it is labeled 'VERTICALLY CORRUGATED BULKHEAD'. Below this, a horizontal line represents the 'FLOOR'. The bulkhead is shown connecting to the 'INNER BOTTOM'. A 'FRACTURE' is indicated at the connection point between the bulkhead and the floor. The floor is labeled 'WATERTIGHT FLOOR'.</p>		 <p>The sketch shows the same bulkhead structure after repair. A 'FULL PENETRATION WELD' is shown at the connection point. The floor is labeled 'FLOOR' and 'WATERTIGHT FLOOR'. The bulkhead is labeled 'VERTICALLY CORRUGATED BULKHEAD'. The inner bottom is labeled 'INNER BOTTOM'. A section line 'SECTION A-A' is indicated. Brackets are shown 'IN LINE WITH CORRUGATIONS'.</p>
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration due to unsupported corrugation web. 2. High through thickness stress, lamellar tearing. 3. Weld details and dimensions. 4. Misalignment between face of corrugation and floor underneath. 5. Cut-outs and scallops or air holes increasing the stress in the floor. 6. Insufficient through thickness properties of inner bottom plate. 		Notes on repairs See Sketch.



OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 5	Cargo area	Example No.
	Transverse Bulkhead in cargo tank	7
Detail of damage	Fracture at connection of vertically corrugated transverse bulkhead with stool to shelf plate and lower stool plate.	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration due to unsupported corrugation web. 2. High through thickness stress, lamellar tearing. 3. Weld details and dimensions. 4. Misalignment. 5. Insufficient thickness of stool side plating in relation to corrugation flange thickness. 		Notes on repairs See Sketch.

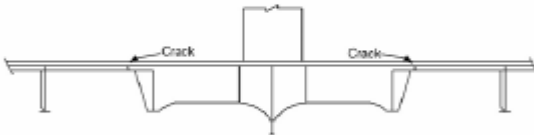
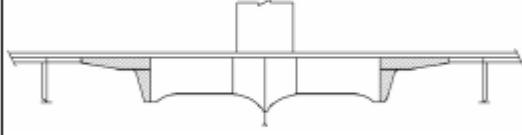
OIL Tankers Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Group 5	Cargo area	Example No.
	Transverse Bulkhead in cargo tank	8
Detail of damage	Fracture at connection of lower stool plate to inner bottom tank. Lower stool plate connected to vertically corrugated transverse bulkhead.	
Sketch of damage	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>	
Factors which may have caused damage	<ol style="list-style-type: none"> 1. Misalignment between stool side plating and floor and/or stool webs and girders of double bottom. 2. Insufficient thickness of floor compared to stool thickness. 3. Scallops, cut-outs, air hole reducing the connecting area too much. 4. Weld details and dimensions. 5. Lamellar tearing of inner bottom plating. 	
Notes on repairs	See Sketch.	

OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 5	Cargo area	Example No.
	Transverse Bulkhead in cargo tank	9
Detail of damage	Fracture at connection of transverse bulkhead to knuckle inner bottom/girder	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. High stress concentration. 2. Discontinuity of structural members at knuckle joint.		Notes on repairs See Sketch.

OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 6	Deck Structure	Example No.
		1
Detail of damage		Deformed and fractured deck plating around tug bitt
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Factors which may have caused damage 1. Insufficient strength		Notes on repairs 1. Fractured/deformed deck plating should be cropped and part renewed. 2. Reinforcement by stiffeners should be considered.

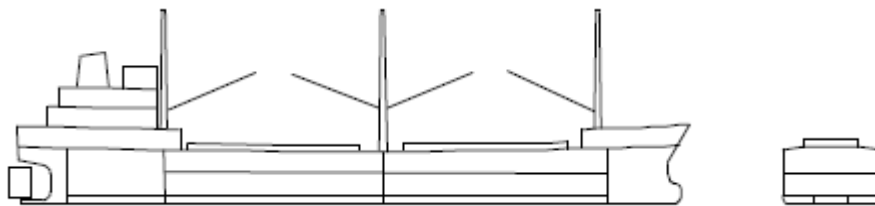
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 6	Deck Structure	Example No.
		2
Detail of damage		Fracture at ends of deck transverse
Sketch of damage		Sketch of repair
		
		<p>Under deck transverse is to be described as mentioned in the following "Note on repairs".</p> <p>"Increase bracket length to end between under deck longitudinals and align end to under deck transverse."</p>
Factors which may have caused damage 1. High stress due to toes bracket ending at cut out for longitudinal.		Notes on repairs See Sketch. 1. Increase bracket length to end between underdeck longitudinals and align end to underdeck transverse. 2. Install fitted collar rather than lapped collar. 3. Insert deck plating if fracture extends into deck.

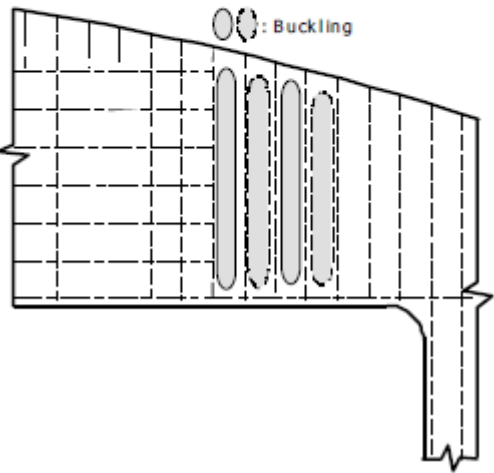
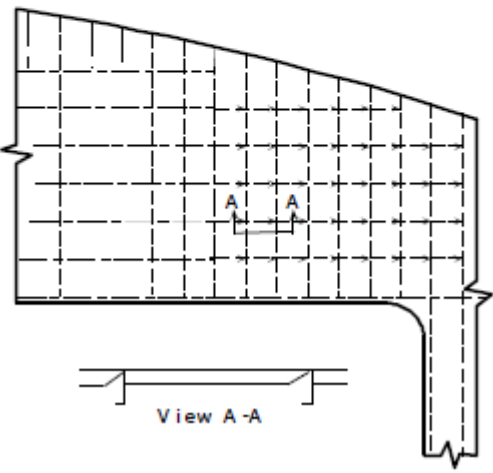
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 6	Deck Structure	Example No.
		3
Detail of damage	Fractured deck longitudinal tripping bracket at intercostals deck girders	
Sketch of damage		
Sketch of repair		
Factors which may have caused damage	1. Fractures due to inadequate end bracket to deck plate resulting in high nominal stress.	
Notes on repairs	See Sketch. 1. Taper face plate	

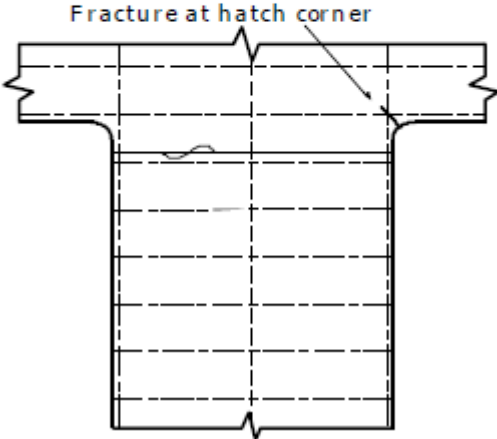
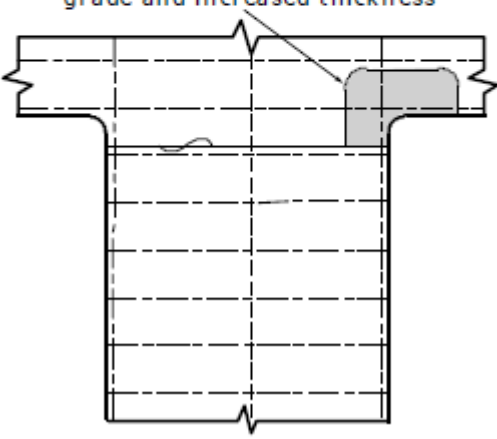
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Group 6	Deck Structure		Example No.
			4
Detail of damage		Fractured deck plating in crane pedestal support (midships)	
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Factors which may have caused damage 1. High stress concentrations at the bracket toes.		Notes on repairs 1. Deck plate insert to be thicker than original. 2. Soft brackets may also be used.	

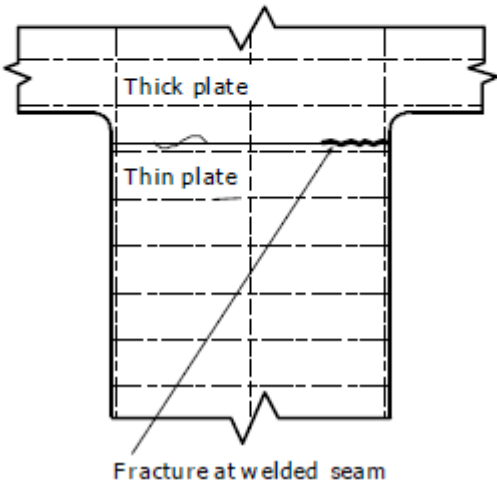
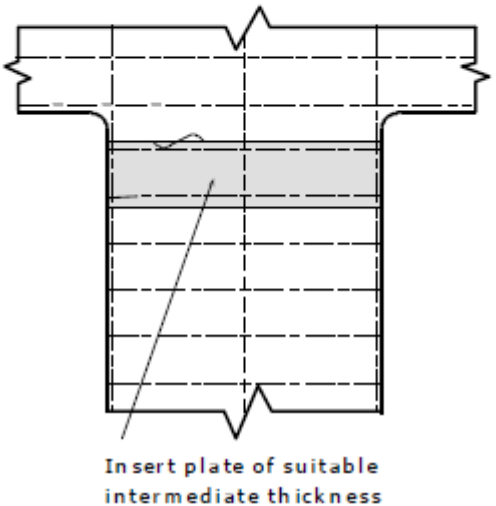
OIL Tankers		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Group 6	Deck Structure	Example No.
		5
Detail of damage	Fractured deck plating in way of deck pipe support stanchions (midships)	
Sketch of damage	<div data-bbox="261 465 686 801"> </div>	
Sketch of repair	<div data-bbox="810 488 1327 801"> </div>	
Factors which may have caused damage	1. Stanchions experience more severe relative displacements from hull girder bending.	
Notes on repairs	See Sketch.	

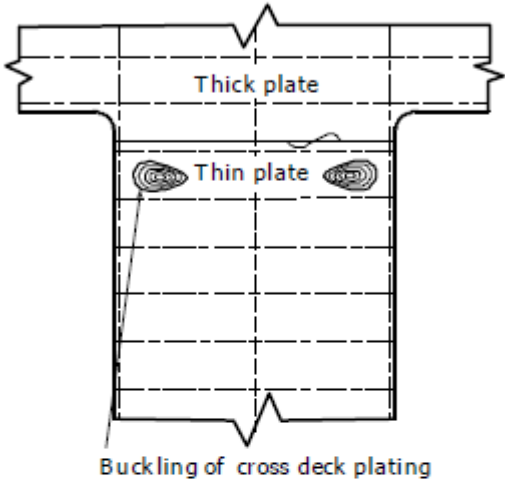
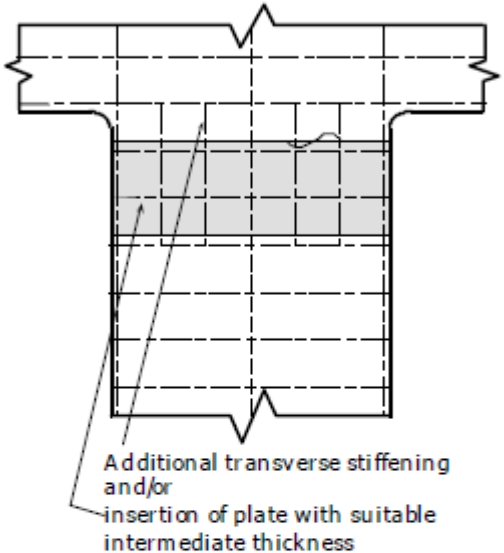
ANEXO 4: BUQUES DE CARGA GENERAL

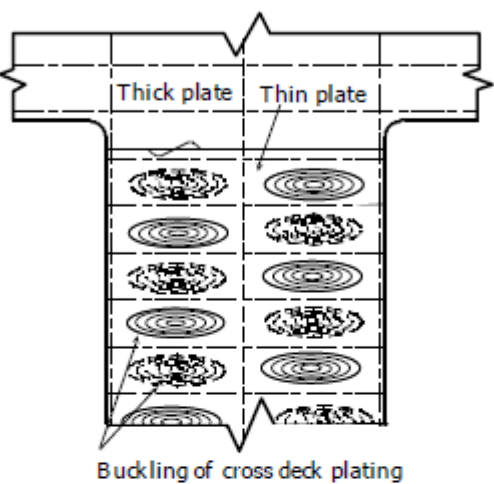
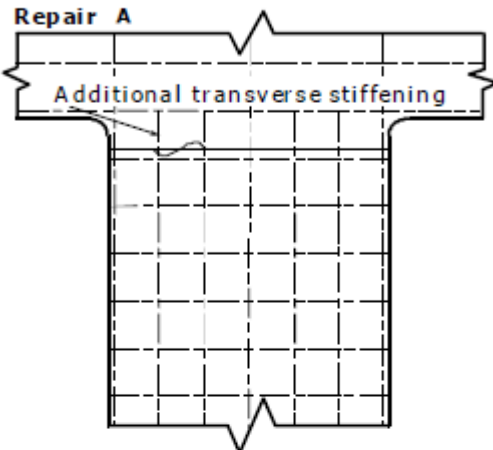
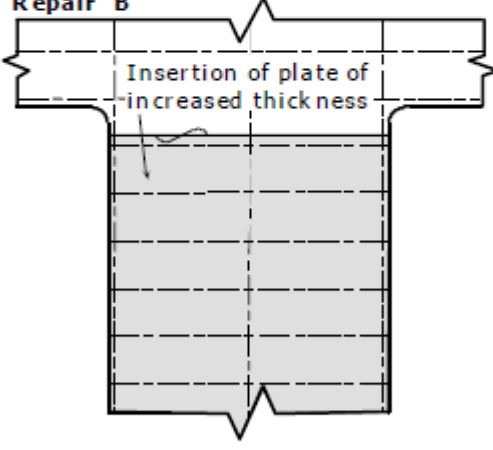


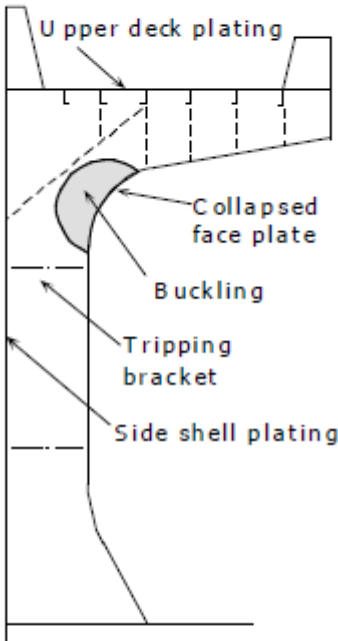
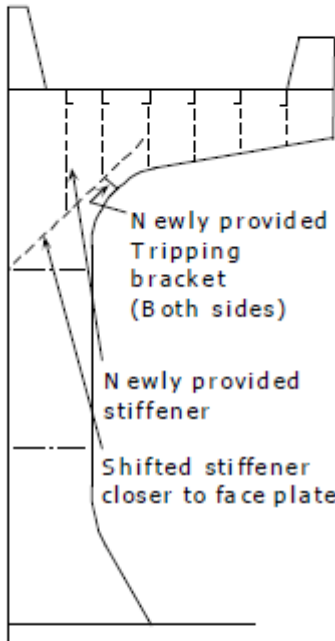
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	1
Detail of damage	Buckling of deck plating of transverse framing system	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Excessive compressive stress due to slamming or bow flare effect. 2. Insufficient longitudinal stiffening of deck plating.		Notes on repairs 1. Buckled plating should be cropped and renewed. Longitudinal internal stiffeners should be provided. (Instead of longitudinal stiffeners, renewal by thicker deck plating can be accepted.) 2. Stress concentration may occur at the end of sniped stiffener resulting in fatigue fracture. For locations where high cyclic stress may occur, appropriate connection such as lug-connection should be considered.

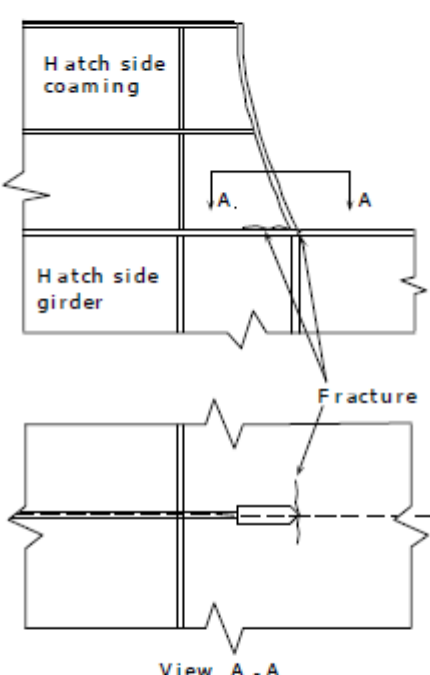
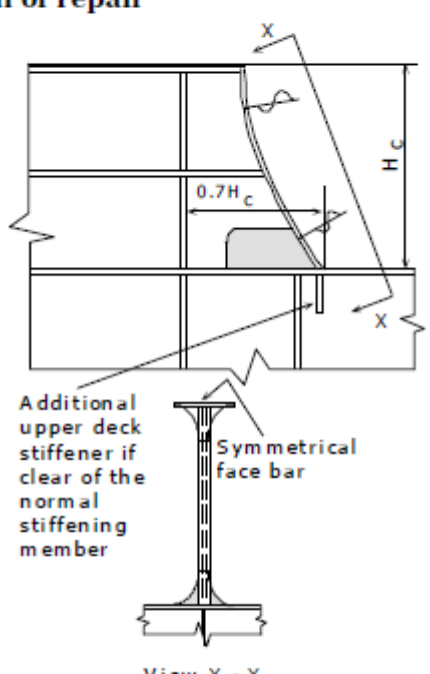
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	2
Detail of damage	Fractures at main cargo hatch corner	
Sketch of damage 		Sketch of repair Insert plate of enhanced steel grade and increased thickness 
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration at hatch corners, i.e. radius of corner. 2. Welded attachment of shedder plate close to edge of hatch corner. 3. Wire rope groove. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. The corner plating in way of the fracture is to be cropped and renewed. If stress concentration is primary cause, insert plate should be of increased thickness, enhanced steel grade and/or improved geometry. Insert plate should be continued beyond the longitudinal and transverse extent of the hatch corner radius ellipse or parabola, and the butt welds to the adjacent deck plating should be located well clear of the butts in the hatch coaming. It is recommended that the edges of the insert plate and the butt welds connecting the insert plates to the surrounding deck plating be made smooth by grinding. In this respect caution should be taken to ensure that the micro grooves of the grinding are parallel to the plate edge. 2. If the cause of fracture is welded attachment of shedder plate, the deck connection should be left unwelded. 3. If the cause of the fracture is wire rope groove, replacement to the original design can be accepted.

GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	3-a
Detail of damage	Fracture of welded seam between thick plate and thin plate at cross deck	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Thick plate</p> <p>Thin plate</p> <p>Fracture at welded seam</p>		 <p>Insert plate of suitable intermediate thickness</p>
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration created by abrupt change in deck plating thickness. 2. In-plane bending in cross deck strip due to torsional (longitudinal) movements of ship sides. 3. Welded seam not clear of tangent point of hatch corner. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Insert plate of intermediate thickness is recommended. 2. Smooth transition between plates (beveling) should be considered.

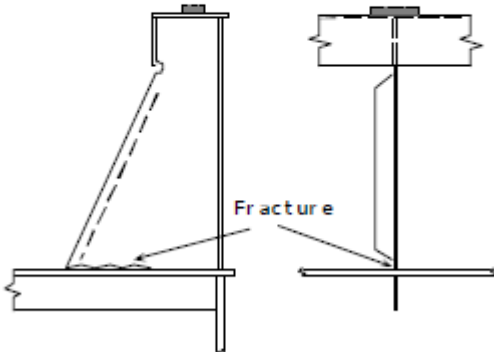
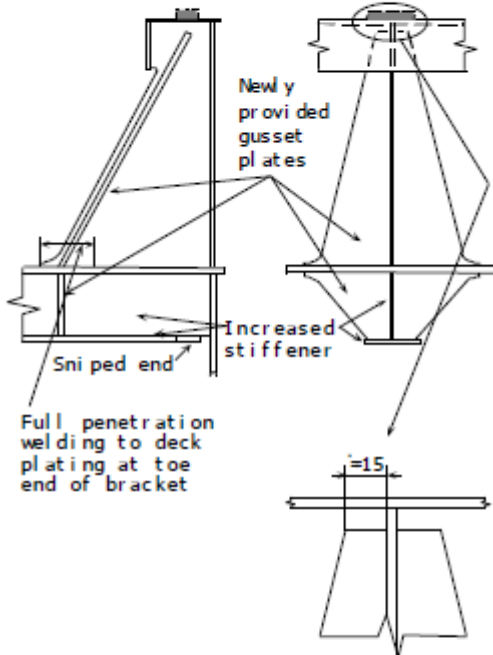
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	3-b
Detail of damage	Plate buckling in thin plate near thick plate at cross deck	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage 1. In-plane bending of cross deck strip due to torsional (longitudinal) movement of ship sides, often in combination with 2. corrosion. Insufficient transverse stiffening.		Notes on repairs 1. Transverse stiffeners extending from hatch sides towards centerline at least 10% of breadth of hatch, and/or increased plate thickness in the same area.

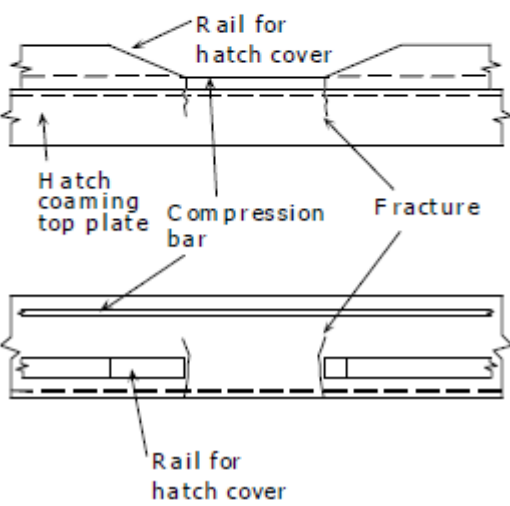
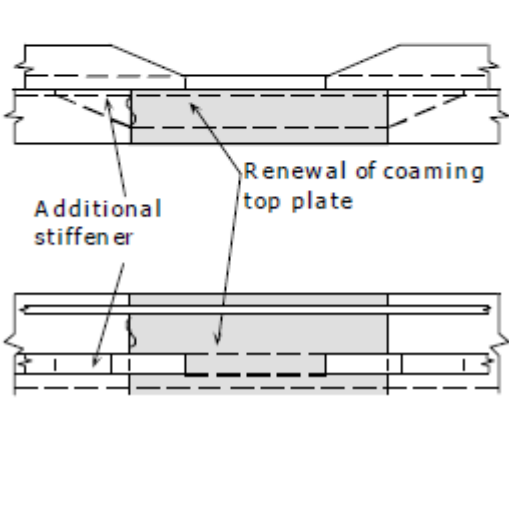
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	3-c
Detail of damage	Overall buckling of cross deck plating	
Sketch of damage		Sketch of repair
		<p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Transverse compression of deck due to sea load. 2. Insufficient transverse stiffening. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Repair A Plating of original thickness in combination with additional transverse stiffening. 2. Repair B Insertion of plating of increased thickness.

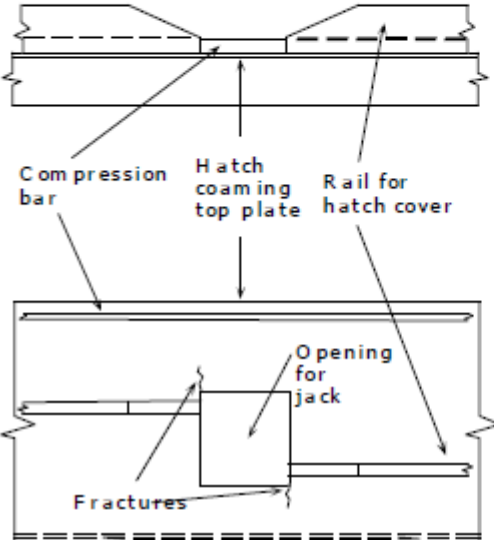
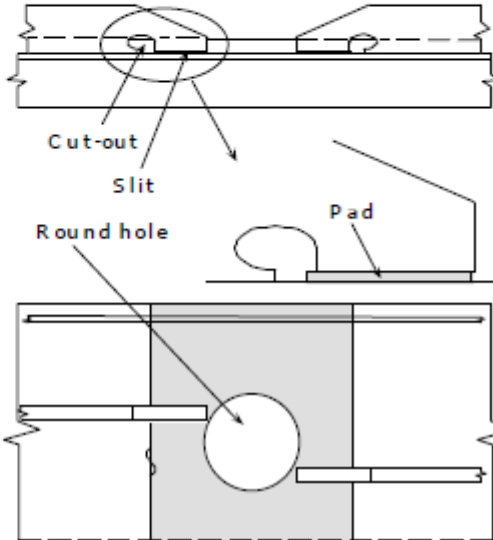
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	4
Detail of damage	Buckling of web beam	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Overloading by green sea on deck or by excessive deck cargo. 2. Excessive corrosion. 3. Insufficient/improper web stiffening.		Notes on repairs 1. Buckled part is to be cropped and renewed. 2. If corrosion is not the cause, renewal by thicker plate (web and/or face) and/or reinforcement by stiffener and tripping bracket should be considered.

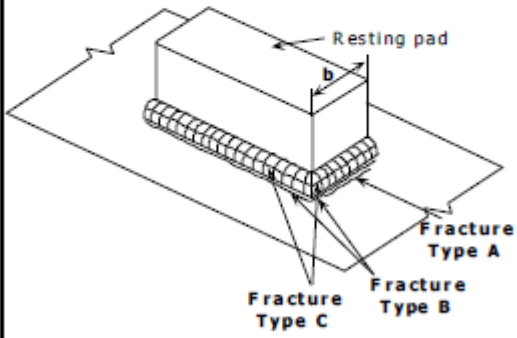
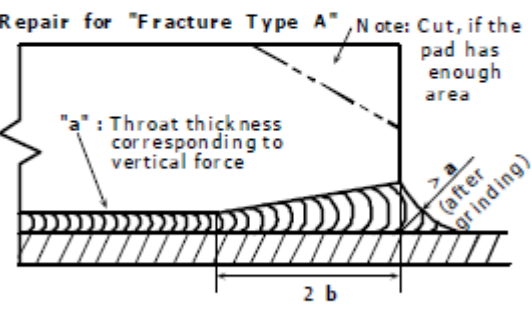
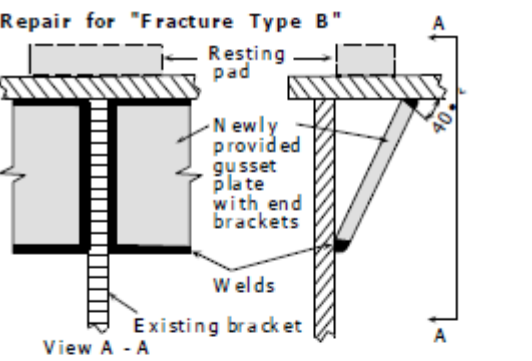
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	5-a
Detail of damage	Fractures in the web or in the deck at the toes of the longitudinal hatch coaming termination bracket (discontinuous longitudinal hatch coaming)	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Hatch side coaming</p> <p>Hatch side girder</p> <p>Fracture</p> <p>View A - A</p>		 <p>Additional upper deck stiffener if clear of the normal stiffening member</p> <p>Symmetrical face bar</p> <p>View X - X</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. This damage is caused by stress concentrations attributed to the design of the bracket. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. The design of the bracket can be altered as shown above, however, it is to be ensured that an additional under deck stiffener is provided at the toe of the termination bracket, where the toe is clear of the normal stiffening member. 2. Full penetration weld for a distance of $0.15 H_c$ from toe of side coaming termination bracket and for connection of athwartship gusset bracket to deck. 3. The fracture in deck plating to be veed-out and rewelded or deck plating cropped and part renewed as appropriate, using low hydrogen electrodes for welding.

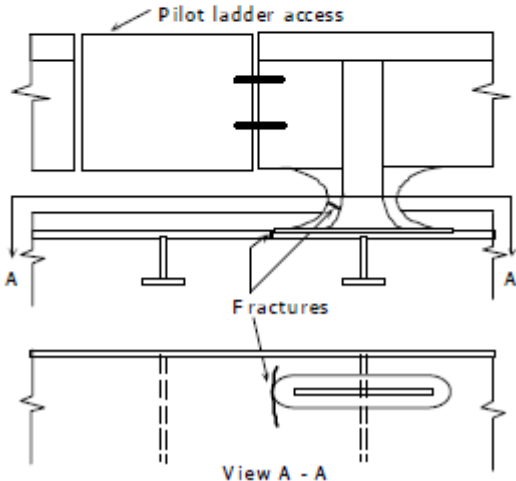
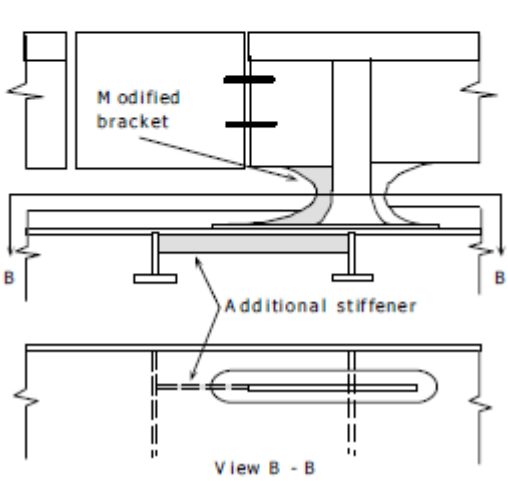
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	5-b
Detail of damage	Fractures in continuous longitudinal hatch coaming extension bracket	
Sketch of damage 		Sketch of repair
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Flange force at the end of the flange too high due to insufficient tapering (Fracture Type A, propagating in the web). 2. Shear force in the web plate too high due to insufficient reduction of the web height at the end (Fracture Type B, propagating in the web at the undercut or HAZ of the fillet weld). 3. Insufficient support of the extension bracket below the deck (Fracture Type C, starting from undercut or HAZ of the fillet weld and propagating in the deck plating). 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Extend the extension bracket as long as possible to arrange a gradual transition. 2. Reduce the web height at the end of the bracket; in case of high stress areas grind smooth the transition to the deck plating welding. 3. Reduce the cross sectional area of the flange at the end as far as possible. 4. Provide longitudinal structure in way of the web of the extension bracket to the next transverse structure or provide a new transverse structure.

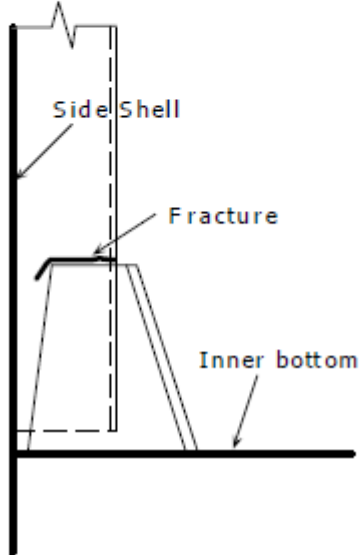
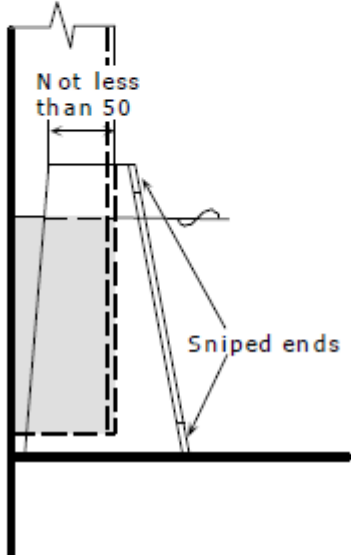
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	6
Detail of damage	Fractures in web of transverse hatch coaming stay	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage 1. Insufficient consideration of the horizontal friction forces in way of the resting pads for hatch cover.		Notes on repairs 1. Modification of the design of the hatch coaming stay. 2. Full penetration welding between gusset plates and deck plating. 3. Strengthening and continuation of the structure below the deck. 4. Use pads with smaller coefficient of friction.

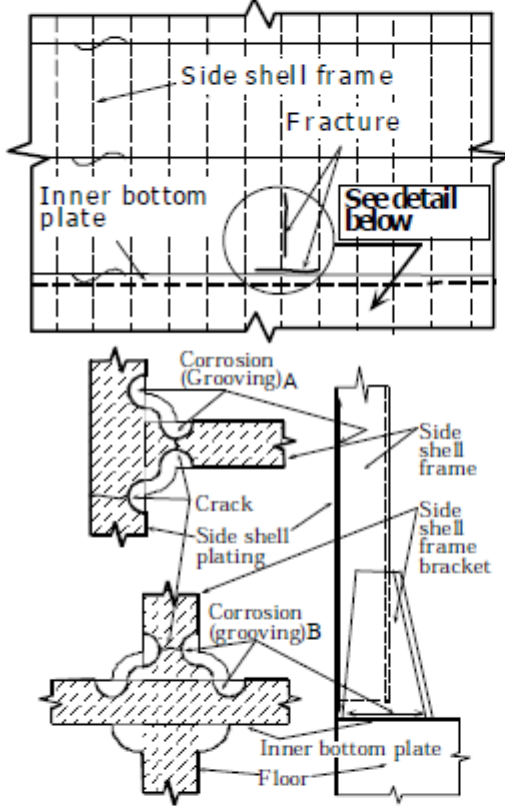
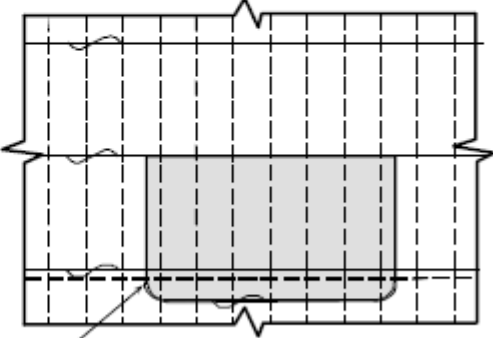
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	7-a
Detail of damage	Fractures in hatch coaming top plate at the termination of rail for hatch cover	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Stress concentration at the termination of the rail for hatch cover.		Notes on repairs 1. Fractured plate is to be cropped and part renewed. 2. Thicker insert plate and/or reinforcement by additional stiffener under the top plate should be considered. Also refer to Example 7-b .

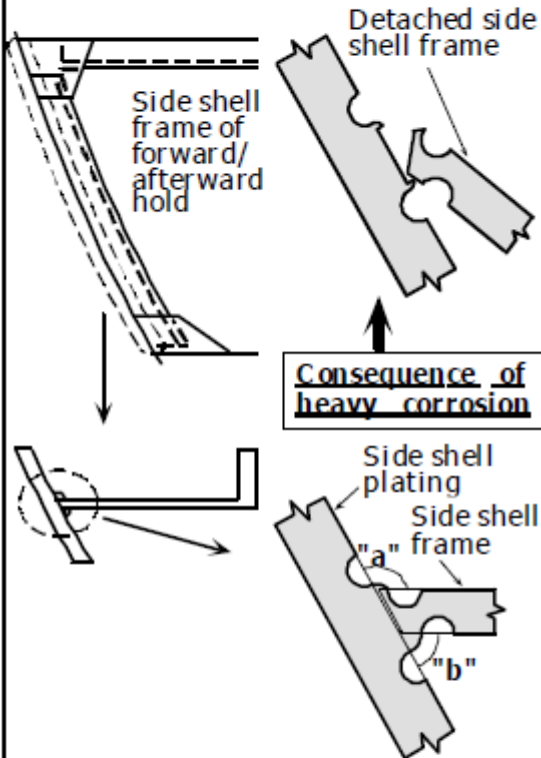
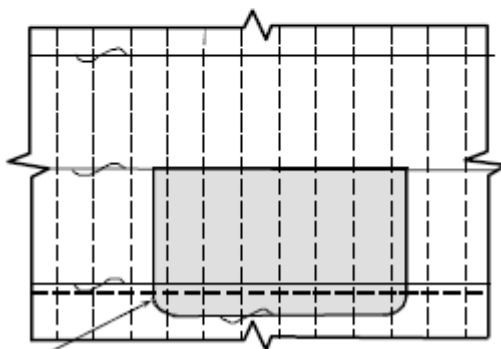
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	7-b
Detail of damage	Fractures in hatch coaming top plate at the termination of rail for hatch cover	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage 1. Stress concentration at the termination of the rail for hatch cover.		Notes on repairs 1. Fractured plate is to be cropped and part renewed. 2. Thicker insert plate and/or reduction of stress concentration adopting large radius should be considered. Or cut-out in the rail and detachment of the welds as shown in the above drawing should be considered in order to reduce the stress of the corner of the opening.

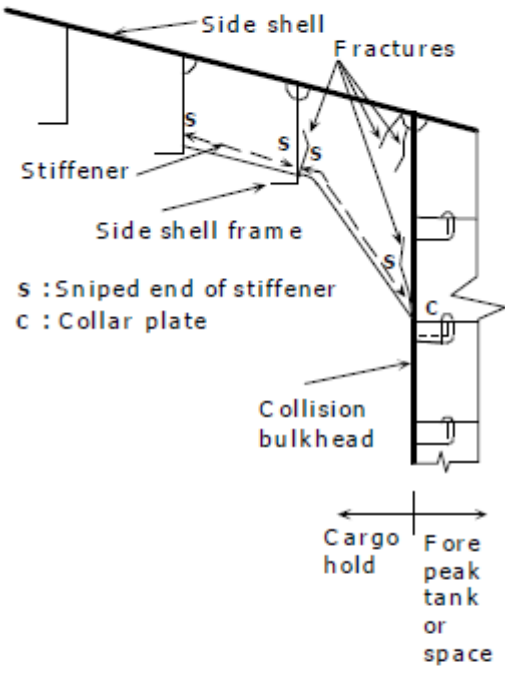
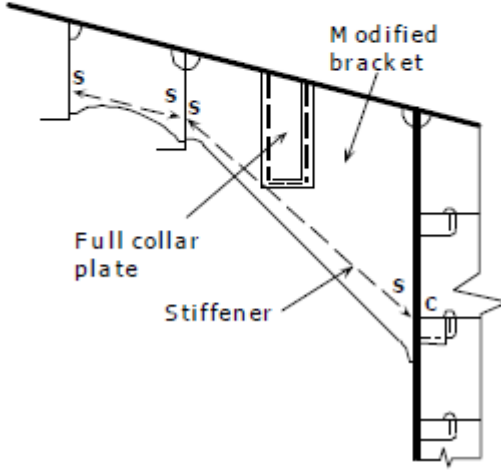
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	8
Detail of damage	Fractures in hatch coaming top plate around resting pad	
Sketch of damage  <p>Fracture Type A: Starting in way of the undercut or HAZ of the transverse fillet weld and propagating in the top plating.</p> <p>Fracture Type B: Starting in way of the undercut or HAZ of the longitudinal fillet weld and propagating in the top plating.</p> <p>Fracture Type C: Starting and propagating in fillet weld</p>		Sketch of repair <p>Repair for "Fracture Type A" Note: Cut, if the pad has enough area</p>  <p>Repair for "Fracture Type B"</p>  <p>Notes on possible cause of damage</p> <ol style="list-style-type: none"> Fracture Type A: Inappropriate transition from the hatch coaming top plating to the resting pad in respect to longitudinal stresses. Fracture Type B: Insufficient support of the resting pad below the top plating. Fracture Type C: Insufficient throat thickness of the fillet weld in relation to the vertical forces. <p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> Fracture Type A: Modification of the transverse fillet weld according to the sketch; in some cases smoothing of the transition by grinding is acceptable. Fracture Type B: Strengthening of the structures below the top plating according to the sketch. Fracture Type C: Increasing the throat thickness corresponding to the acting vertical forces.

GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 1	Upper deck structure	9
Detail of damage	Fracture in deck plating at the pilot ladder access of bulwarks	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Stress concentration at the termination of bulwarks.		Notes on repairs 1. Fractured deck plating should be cropped and part renewed. 2. Reduction of stress concentration should be considered. In the above figure gusset plate was replaced with soft type for the fracture in gusset plate and pad plate was increased. Additional stiffeners were provided for the fracture in deck plating.

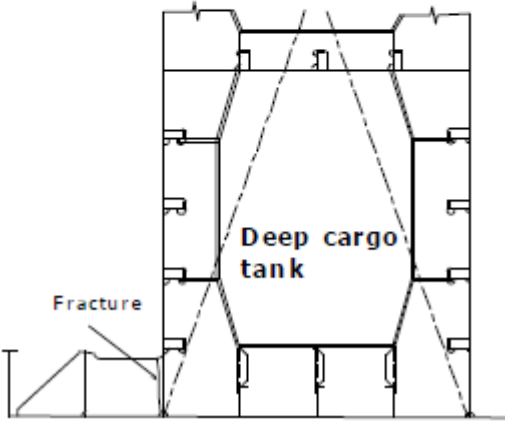
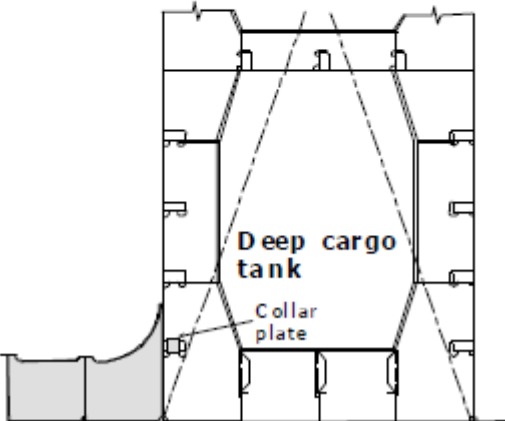
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Side structure	1
Detail of damage	Fracture in side shell frame at lower bracket	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. This type of damage is caused due to stress concentration.		Notes on repairs 1. For small fractures, e. g. hairline fractures, the fracture can be veed-out, welded up, ground, examined by NDT for fractures, and rewelded. 2. For larger/significant fractures consideration is to be given to cropping and partly renewing/ renewing the frame brackets. If renewing the brackets, end of frames can be sniped to soften them. 3. If felt prudent, soft toes are to be incorporated at the boundaries of the bracket to the inner bottom plating.

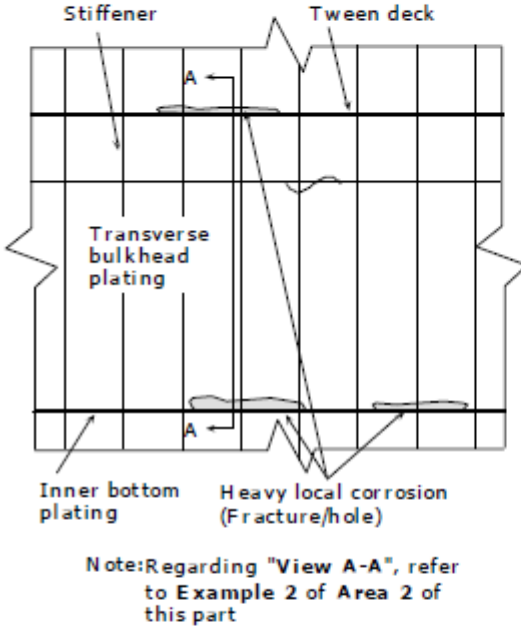
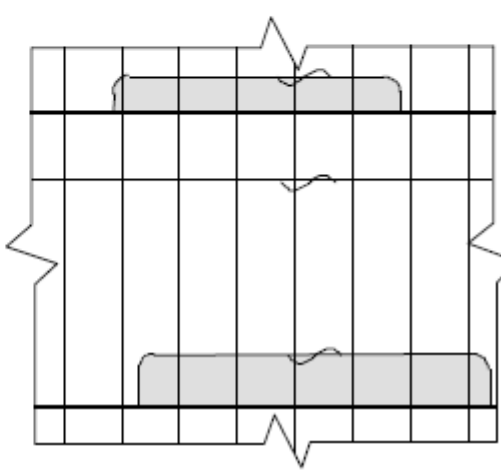
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Side structure	2
Detail of damage	Fractures in side shell frame/lower bracket and side shell plating near tank top	
Sketch of damage 		Sketch of repair  Part renewal including side shell frames and inner bottom plating, as found necessary
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Fracture in side shell plating along side shell frame: Heavy corrosion (grooving) along side shell frame (See A). 2. Fracture in side shell plating along tank top: Heavy corrosion (grooving) along tank top (See B) resulting detachment of side shell frame bracket from inner bottom plating. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Sketch of repair applies when damage extends over several frames. 2. Isolated fractures may be repaired by veeling-out and rewelding. 3. Isolated cases of grooving may be repaired by build up of welding.

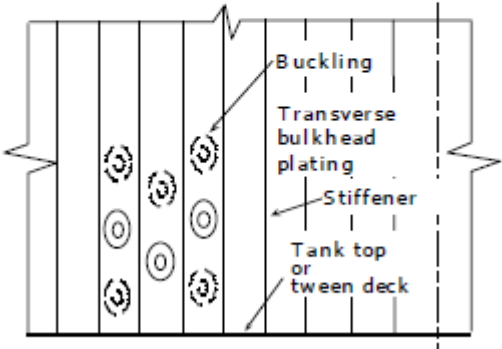
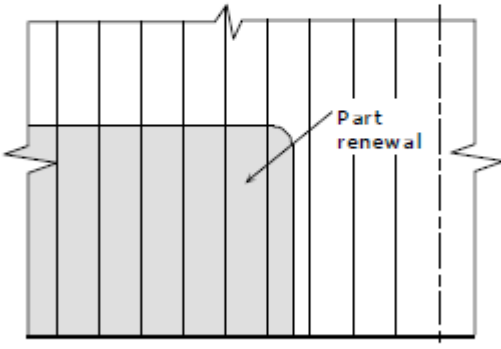
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Side structure	3
Detail of damage	Adverse effect of corrosion on the frame of forward/afterward hold	
<p>Sketch of damage</p> 		<p>Sketch of repair</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Part renewal including side shell frames and inner bottom plating, as found necessary 2. Deep penetration welding at the connections of side shell frames to side shell plating
<p>Notes on possible cause of damage</p> <p>1. Heavy corrosion (grooving) of side shell frame along side shell plating and difference of throat thickness "a" from "b". (Since original throat thickness of "a" is usually smaller than that of "b", if same welding procedure is applied, the same corrosion has a more severe effect on "a", and may cause collapse and/or detachment of side shell frame.)</p>		<p>Notes on repairs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sketch of repair applies when damage extends over several frames. 2. Isolated fractures may be repaired by veeing-out and rewelding. 3. Isolated cases of grooving may be repaired by build up of welding.

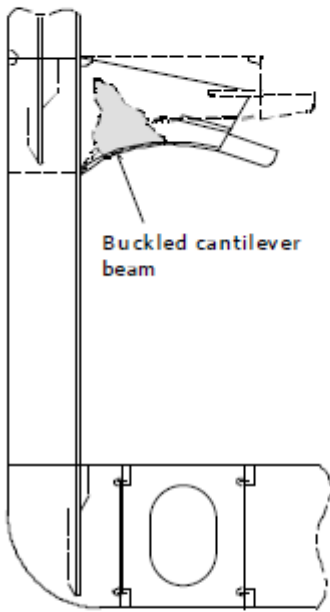
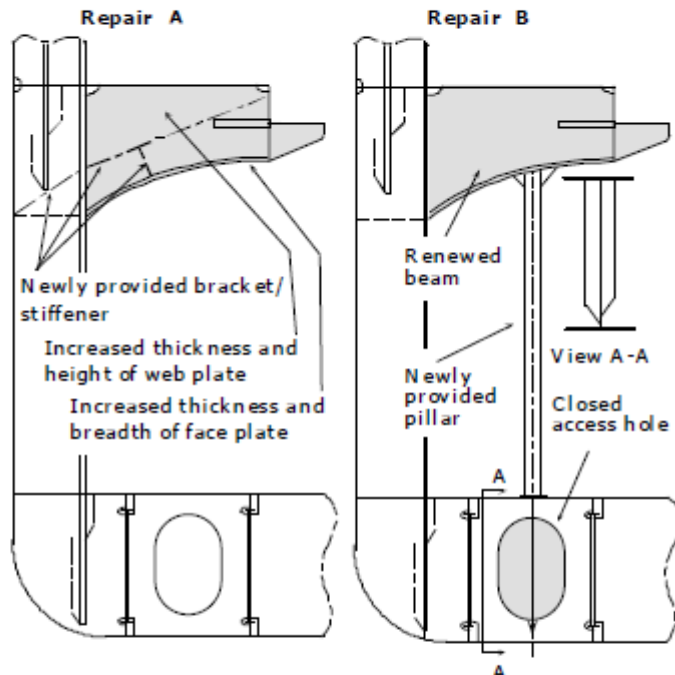
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Side structure	4
Detail of damage	Fractures at the supporting brackets in way of the collision bulkhead, (with no side shell panting stringers fitted in hold)	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Insufficient bracket size resulting in high stress due to load cantilevered from side frame. 2. Stress concentration at toe of bracket and misalignment between bracket and stringer in fore peak tank or space.		Notes on repairs 1. The extended bracket arm connection to the collision bulkhead is to have a soft toe, and any cut-outs for stiffeners in the fore peak tank or space are to be collared when situated in the vicinity of the bracket toe. 2. When fractures have extended into the side shell or bulkhead plating, the plating is to be cropped and part renewed.

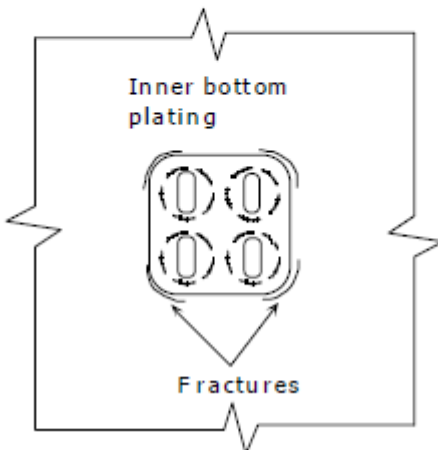
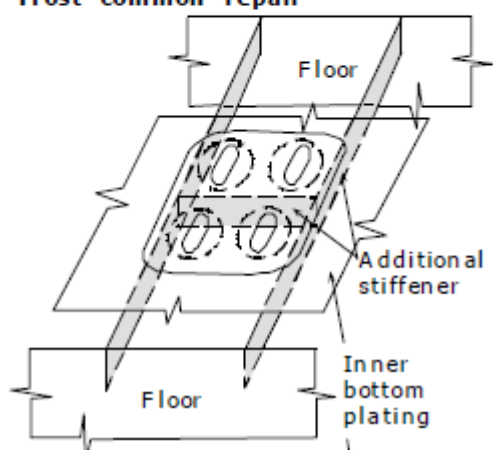
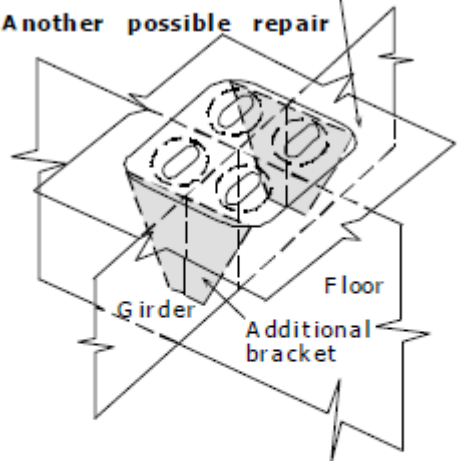
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Side structure	5
Detail of damage	Fractures in way of continuation /extension brackets in aftermost hold at the engine room bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair
Notes on possible cause of damage 1. Damage caused by stress concentration leading to fatigue fracture on side shell. This will be exacerbated because of the greater flexibility of the hold structure in relation to the engine room structure.		Notes on repairs 1. The fractured shell plating is to be cropped and part renewed as necessary. 2. Extension bracket is to be modified and collar plates to cut-outs in engine room flat are to be installed.

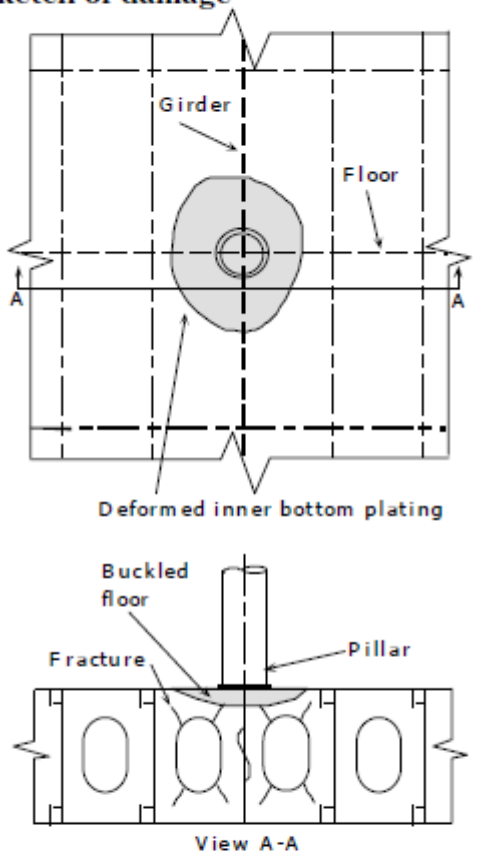
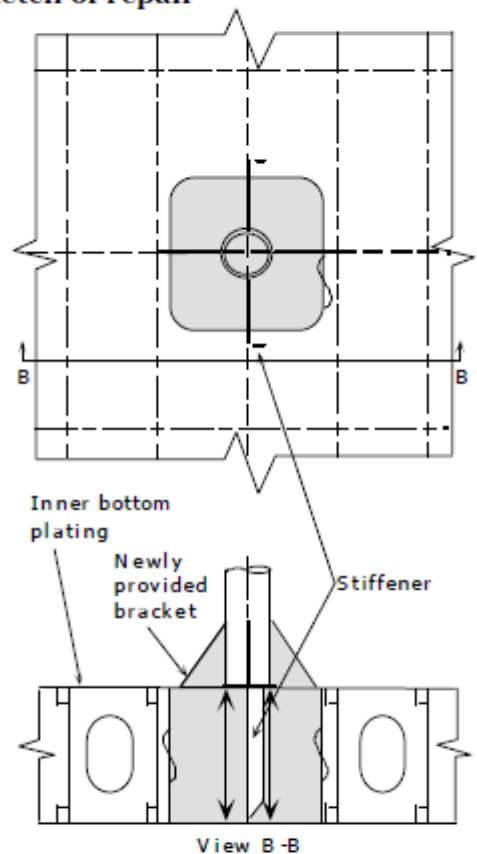
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 2	Side structure	6
Detail of damage	Fractures in way of continuation/extension brackets at the end of deep cargo tank	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Damage caused by stress concentration leading to fatigue fracture on side shell. This will be exacerbated because of the greater flexibility of the ordinary hold structure in relation to the deep cargo tank structure.		Notes on repairs 1. The fractured shell plate is to be cropped and part renewed as necessary. 2. Brackets should be modified.

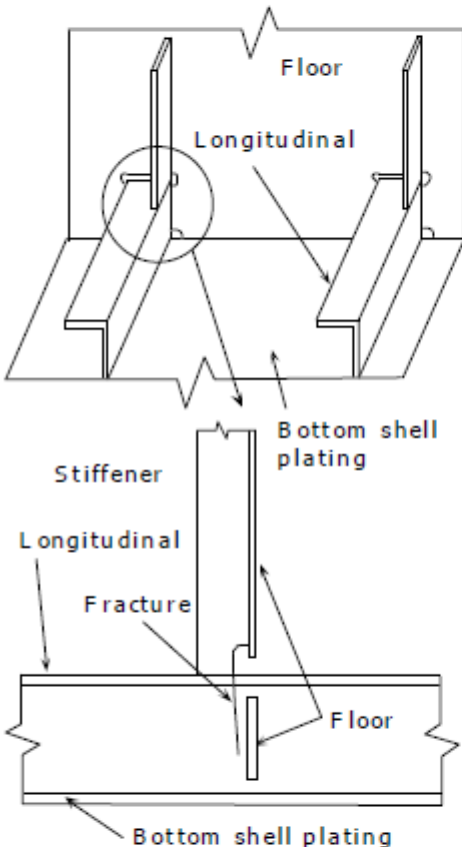
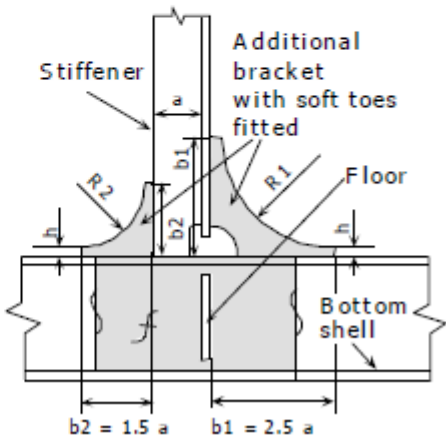
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 3	Transverse bulkhead structure	1
Detail of damage	Corrosion along inner bottom or tween deck plating	
Sketch of damage  <p>Note: Regarding "View A-A", refer to Example 2 of Area 2 of this part</p>		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Heavy corrosion including grooving along inner bottom plating or tween deck due to poor drainage.		Notes on repairs 1. The extent of the renewal should be determined carefully. If the renewal plate (original thickness) is welded to thin plate (corroded plate), it may cause stress concentration and cause 2. fracture. Protective coating should be applied.

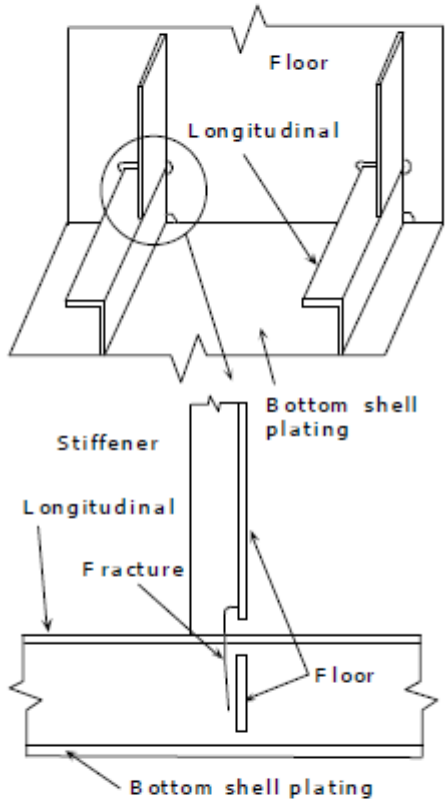
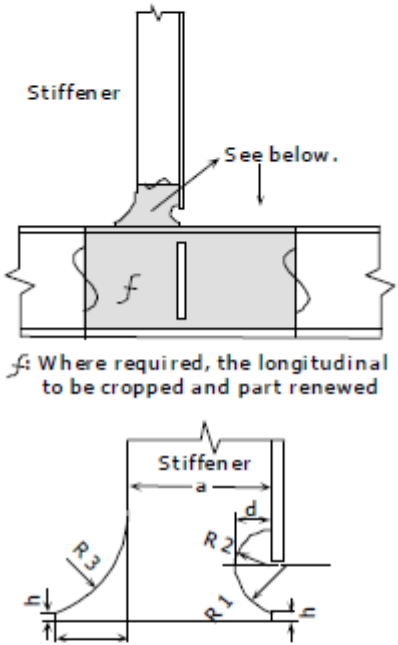
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 3	Transverse bulkhead structure	2
Detail of damage	Buckling in transverse bulkhead	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage 1. Heavy general corrosion.		Notes on repairs 1. The extent of the renewal should be determined carefully. If the renewal plating (original thickness) is welded to thin plating (corroded plating), it may cause stress concentration and fracture. 2. Protective coating should be applied.

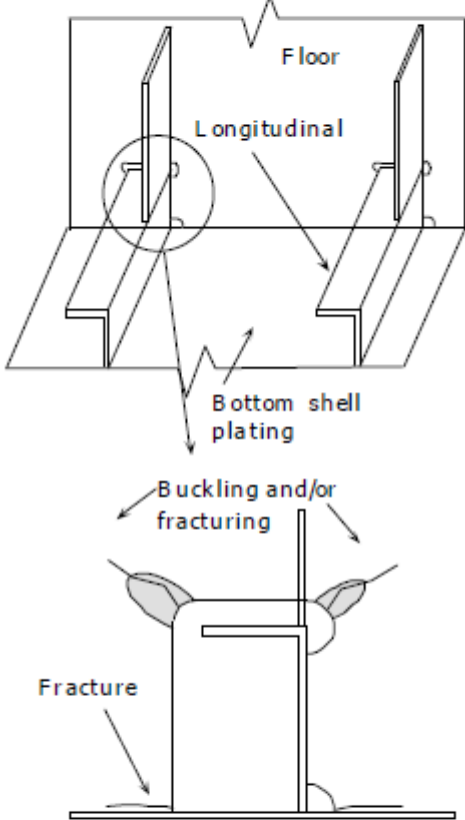
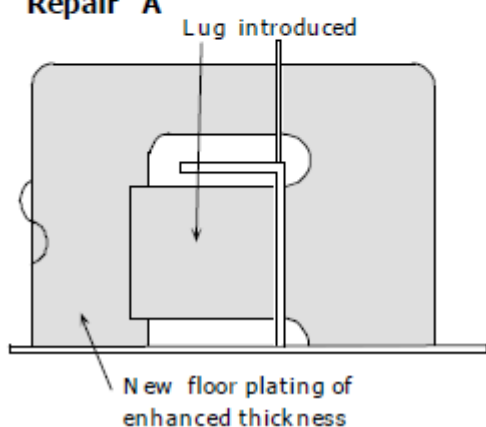
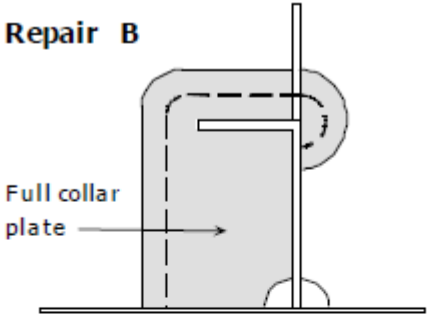
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 4	Tween deck structure	1
Detail of damage	Sagging of deck panel/buckling of cantilever beam	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<p>1. Poor design, overloading and/or excessive inertia force caused in heavy weather.</p>		<p>1. The affected structures are to be cropped and renewed.</p> <p>2. Repair A: Reinforcement should be considered by increased scantlings of beam and/or additional stiffeners.</p> <p>3. Repair B: Pillars may be provided for reinforcement subject to the approval of the owner. In such a case, reinforcement of the floor under the pillar should be considered. (In the above example, access hole was closed.)</p>

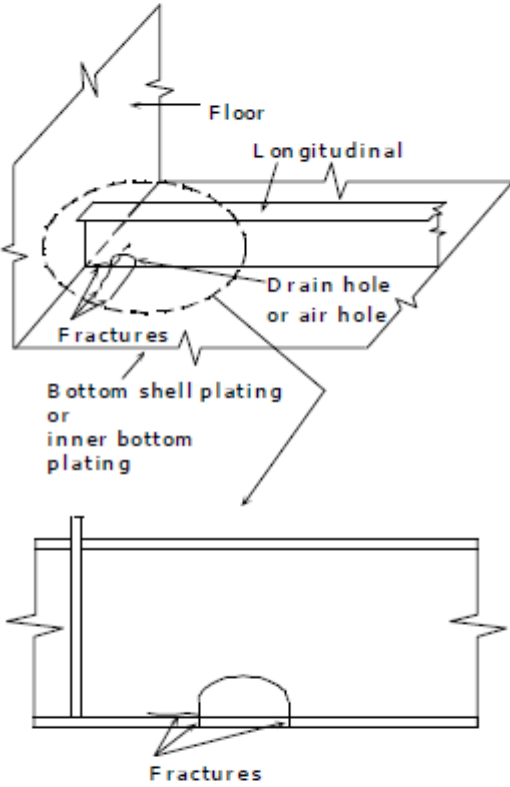
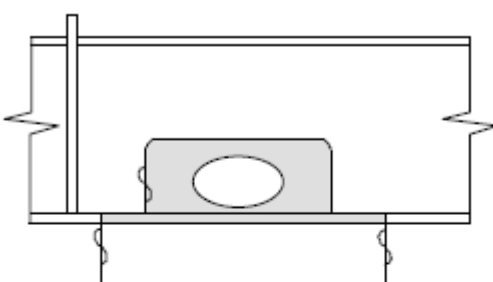
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	1
Detail of damage	Fractures in inner bottom plating around container bottom pocket	
Sketch of damage 		Sketch of repair <p>Most common repair</p>  <p>Another possible repair</p> 
Notes on possible cause of damage 1. Pocket is not supported correctly by floor, longitudinal and/or stiffener.		Notes on repairs 1. Fractured plating should be cropped and part renewed. 2. Adequate reinforcement should be considered.

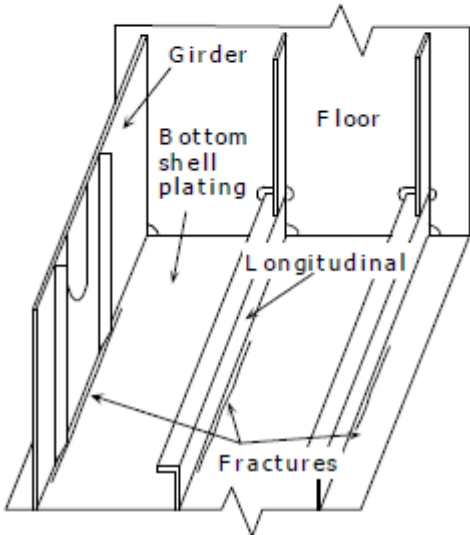
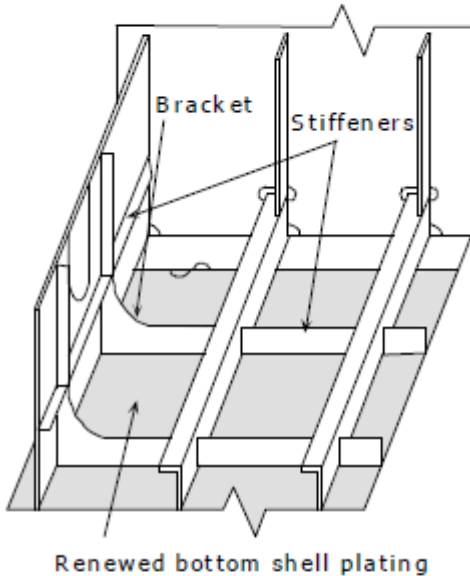
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	2
Detail of damage	Dented inner bottom plating and buckled/fractured floor under pillar	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>View A-A</p>		 <p>View B-B</p>
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Inadequate arrangement and/or reinforcement of access holes. 2. Excessive deck-loading on tween deck. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Dented inner bottom plating is to be cropped and part renewed. 2. The fractured floor is to be cropped and part renewed. 3. Access holes should be closed by insert plates. 4. Stiffener on floor/girder and/or brackets should be considered. (Fitting of brackets in the hold is subject to the agreement of the owner.)

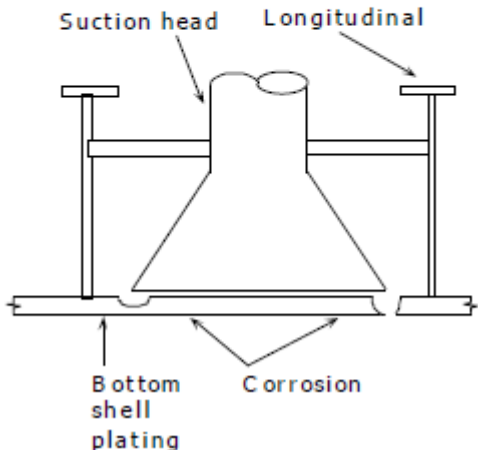
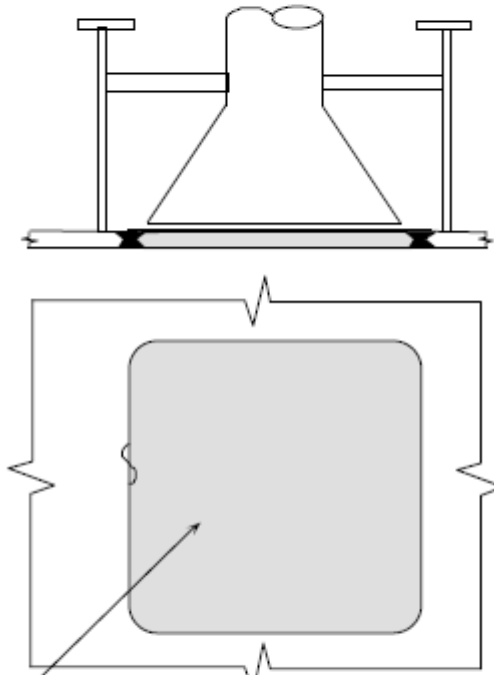
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	3-a
Detail of damage	Fractures at the connection of bottom/inner bottom longitudinal to floor stiffener	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Note: same damage may occur at similar connection to inner bottom plating</p>		 <p>f: Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. For a slope at toes max. 1 : 3, $R1 = (b1-h) \times 1.6$ and $R2 = (b2-h) \times 1.6$ 2. Soft toe bracket to be welded first to longitudinal 3. Scallop in bracket to be as small as possible, recommended max. 35 mm 4. If toes of brackets are ground smooth, full penetration welds in way to be provided 5. Maximum length to thickness ratio = 50 : 1 for unstiffened bracket edge 6. Toe height, h, to be as small as possible (10- 15 mm)
Notes on possible cause of damage 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region.		Notes on repairs 1. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal, then crop and part renew. Otherwise the fracture can be veed-out and welded.

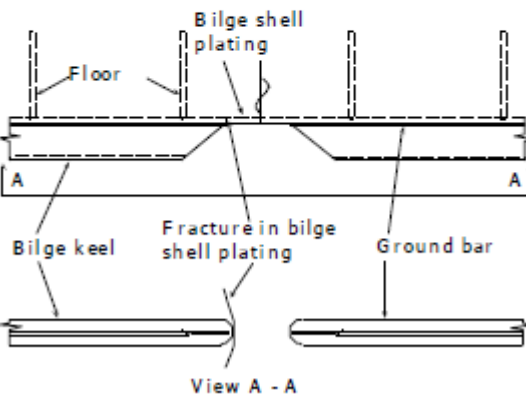
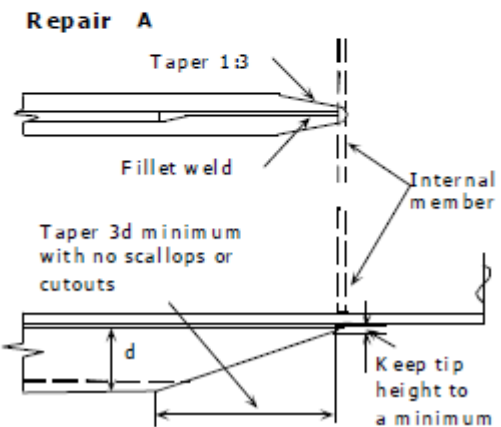
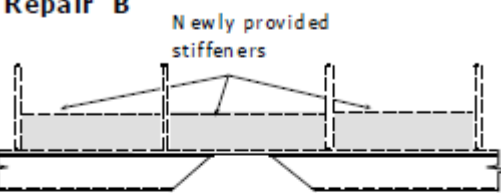
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	3-b
Detail of damage	Fractures at the connection of bottom/inner bottom longitudinal to floor stiffener	
Sketch of damage  <p>Note: same damage may occur at similar connection to inner bottom plating</p>		Sketch of repair  <p>Where required, the longitudinal to be cropped and part renewed</p> <p>Various cut-out shapes have been developed. The following is one example.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Toe height as small as possible ($h = 10 - 15 \text{ mm}$) 2. Depth "d" of key hole notch as small as possible, max. 30 mm 3. For a slope at toe max. 1 : 3 4. $R1 = 1.5d$, $R2 = d$ and $R3 = 1.5c$
Notes on possible cause of damage 1. Damage can be caused by stress concentrations leading to accelerated fatigue in this region.		Notes on repairs 1. If fracture extends to over one third of the depth of the longitudinal, then crop and part renew. Otherwise the fracture can be veed-out and welded.

GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	4
Detail of damage	Fractures and buckling in way of a cut-out for the passage of a longitudinal through a transverse primary member	
Sketch of damage  <p>Note: same type of damage may occur at similar connections to inner bottom</p>		Sketch of repair <p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 
Notes on possible cause of damage 1. Damage can be caused by general levels of corrosion and presence of stress concentration associated with the presence of a cut-out.		Notes on repairs 1. If fractures are significant then crop and part renew the floor plating otherwise the fracture can be veed-out and welded provided the plating is not generally corroded. 2. Repair B is to be incorporated if the lug proves to be ineffective.

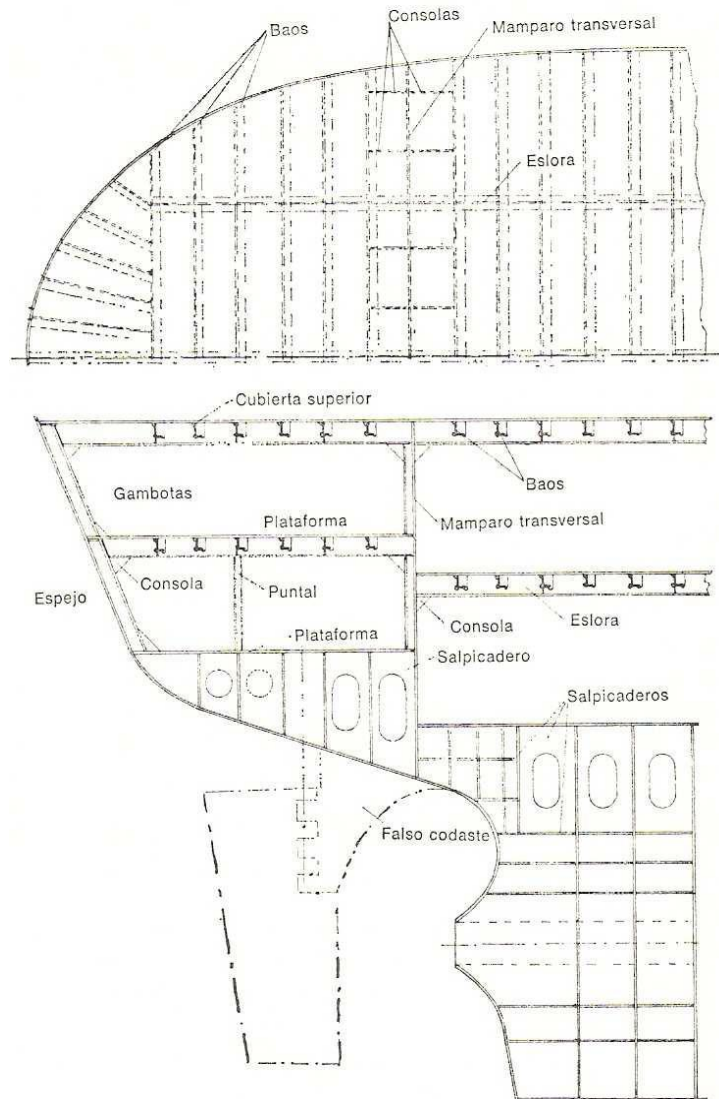
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure	
Part 1	Cargo hold region	Example No.	
Area 5	Double bottom structure	5	
Detail of damage	Fractures in bottom shell plating/inner bottom plating at the corner drain hole/air hole in longitudinal		
Sketch of damage		Sketch of repair	
			
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs	
1. Stress concentration and/or corrosion due to stress concentration at the corner of drain hole/air hole.		1. Fractured plating should be cropped and part renewed. 2. If fatigue life is to be improved, change of drain hole/air hole shape is to be considered.	

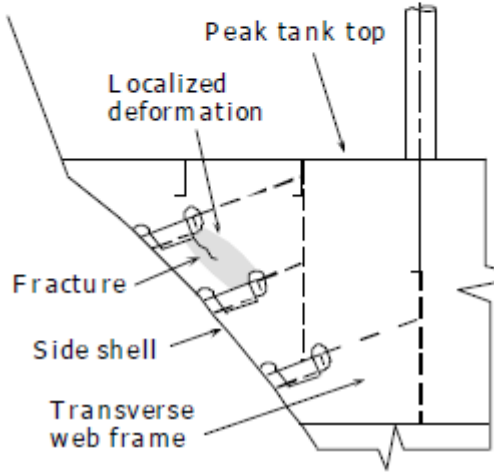
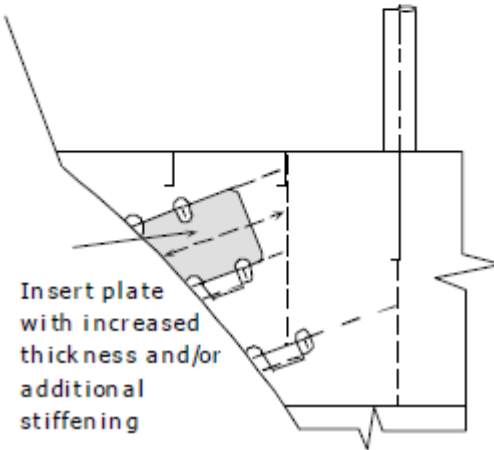
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	6
Detail of damage	Fracture in bottom shell plating along side girder and/or bottom longitudinal	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Vibration.		Notes on repairs 1. Fractured bottom shell plating should be cropped and renewed. 2. Natural frequency of the panel should be changed, e.g. reinforcement by additional stiffener/bracket.

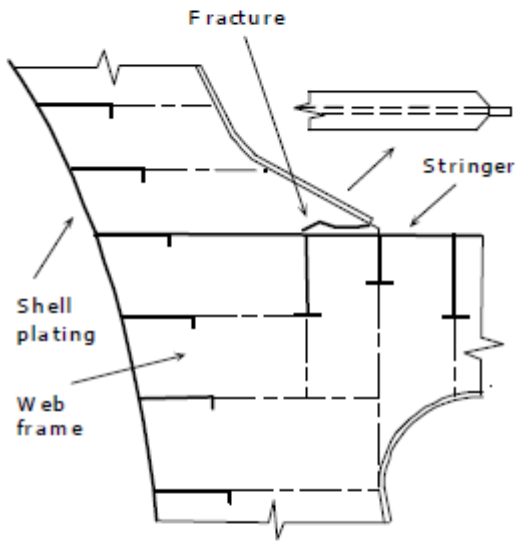
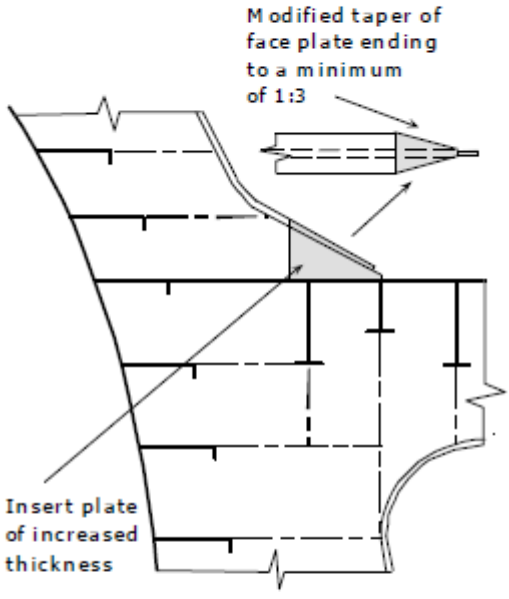
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	7
Detail of damage	Corrosion in bottom plating below suction head	
Sketch of damage 		Sketch of repair  <ol style="list-style-type: none"> 1. Insert to have round corners 2. Non-destructive examination to be applied after welding based on the Society's rules
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. High flow rate associated with insufficient corrosion prevention system. 2. Galvanic action between dissimilar metals 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Affected plating should be cropped and part renewed. Thicker plate and suitable beveling should be considered. 2. If the corrosion is limited to a small area, i.e. pitting corrosion, repair by welding is acceptable.

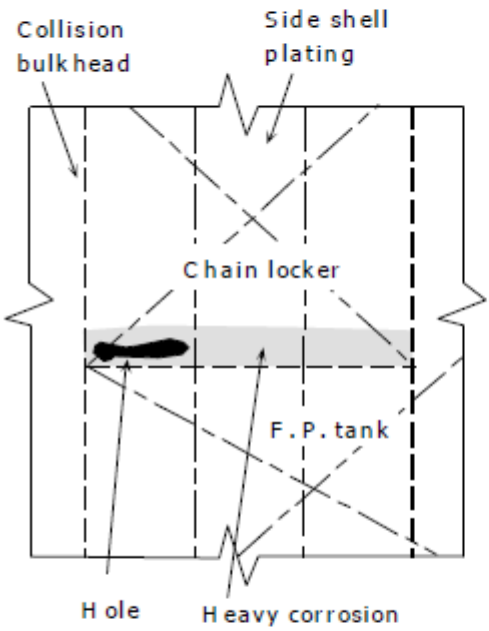
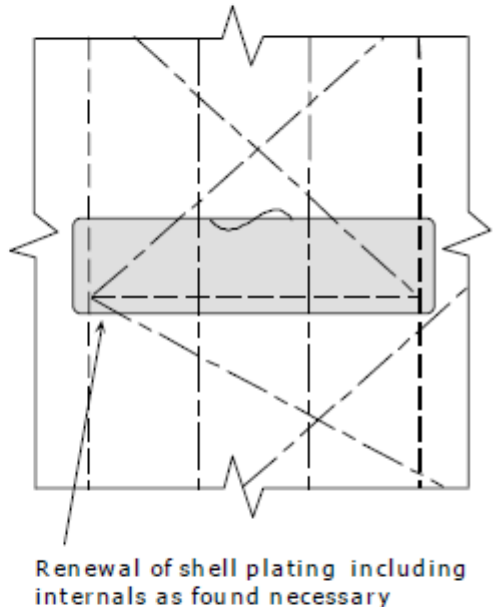
GENERAL CARGO SHIPS		Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure
Part 1	Cargo hold region	Example No.
Area 5	Double bottom structure	8
Detail of damage	Fracture in shell plating at the termination of bilge keel	
Sketch of damage 		Sketch of repair <p>Repair A</p>  <p>Repair B</p> 
Notes on possible cause of damage 1. Poor design causing stress concentration.		Notes on repairs 1. Fractured plating is to be cropped and renewed. 2. Reduction of stress concentration of the bilge keel end should be considered. Repair A: Modification of the detail of end Repair B: New internal stiffeners 3. Instead of Repair A or B continuous ground bar and bilge keel should be considered.

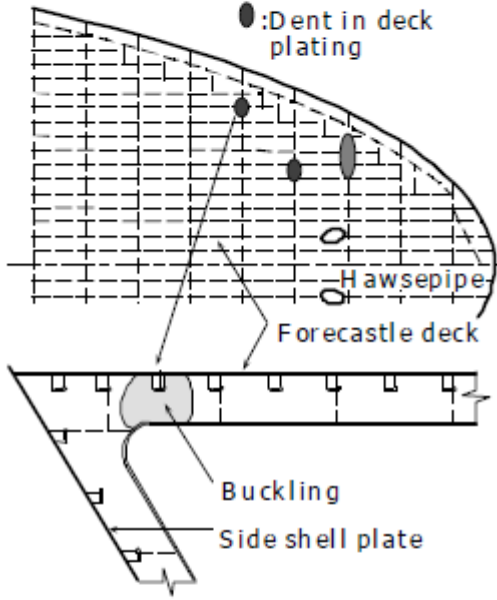
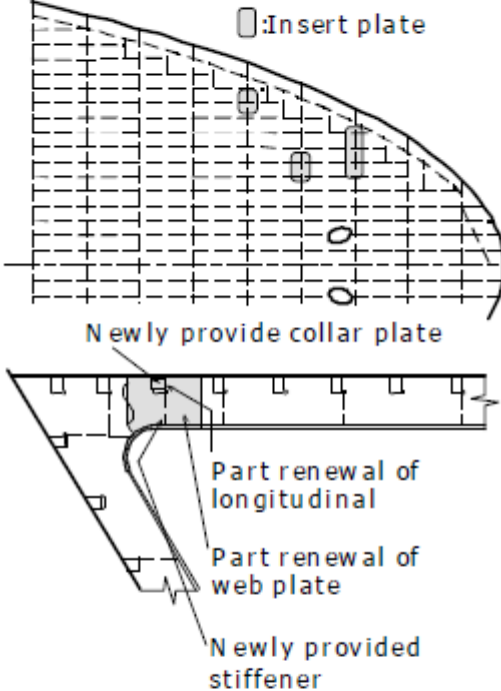
ANEXO 5: ZONAS ESTRUCTURALES COMUNES

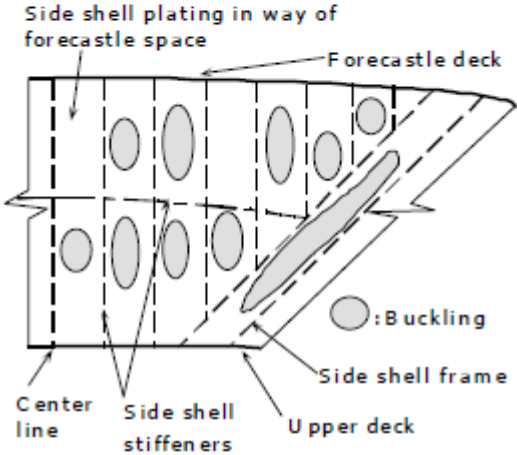
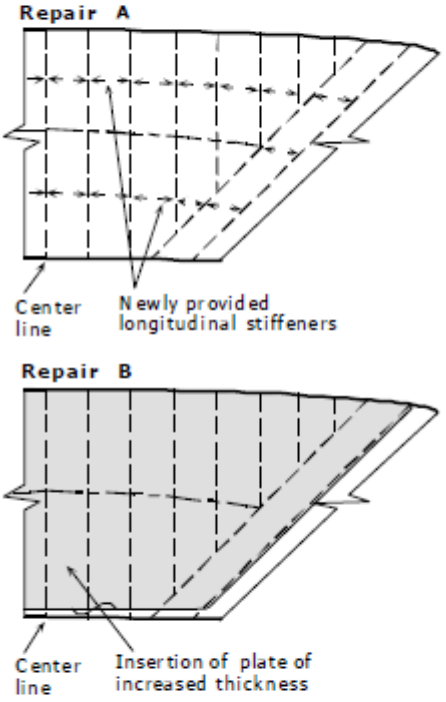


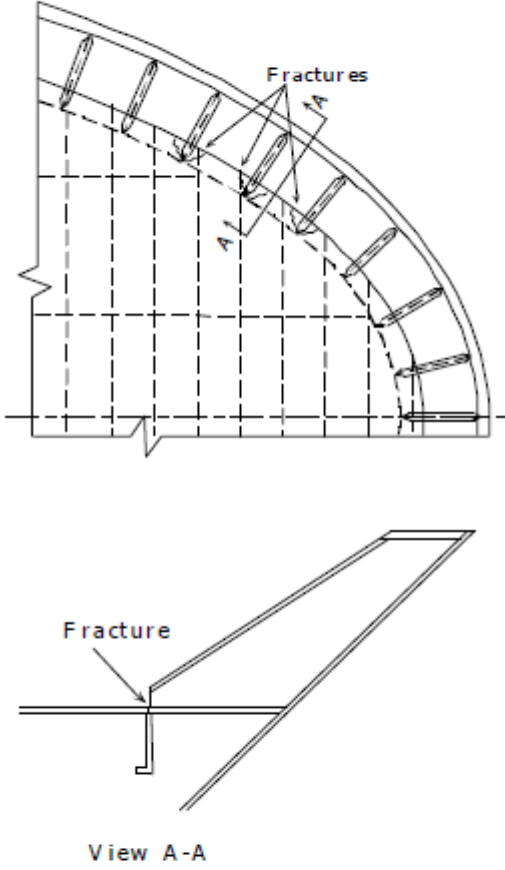
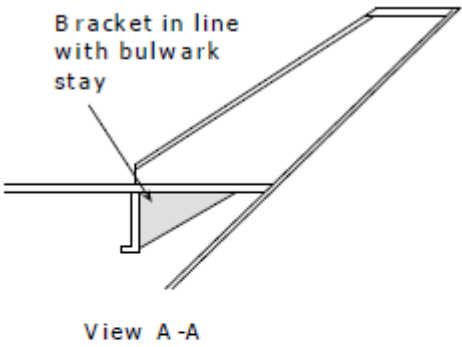
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 1	Fore end structure	1
Detail of damage	Fracture and deformation of bow transverse web in way of cut-outs for side longitudinals	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Localized material wastage in way of coating failure at cut-outs and sharp edges due to working of the structure. 2. Dynamic seaway loading in way of bow flare.		Notes on repairs 1. Sufficient panel strength to be provided to absorb the dynamic loads enhanced by bow flare shape.

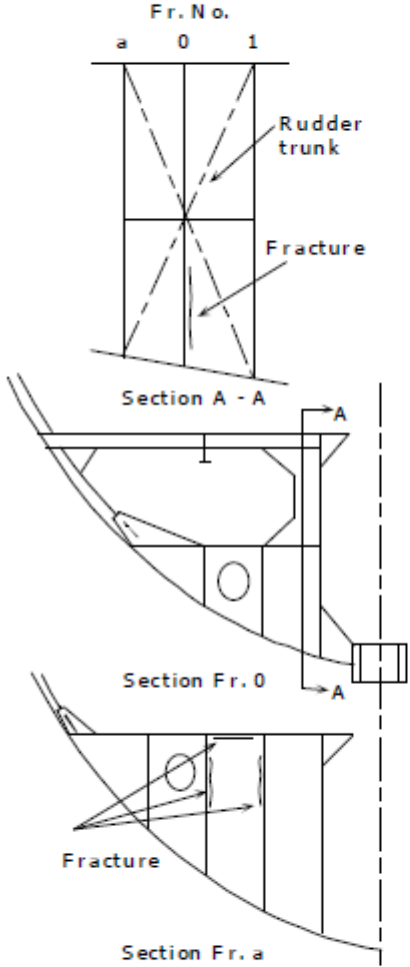
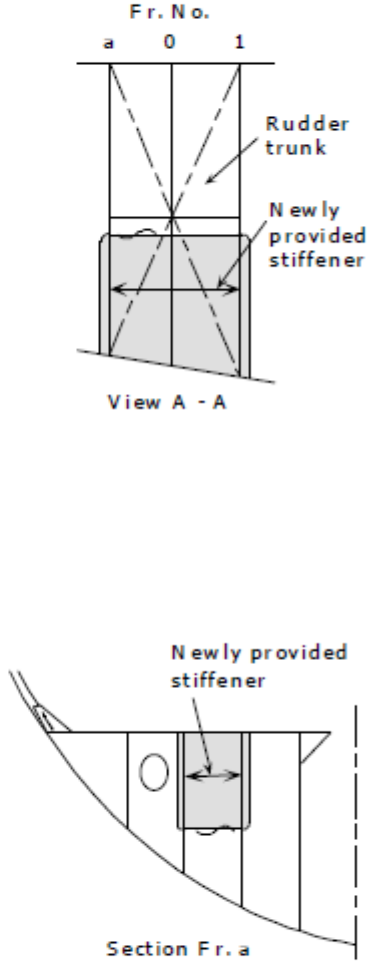
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 1	Fore end structure	2
Detail of damage	Fracture at toe of web frame bracket connection to stringer platform bracket	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Inadequate bracket forming the web frame connection to the stringer. 2. Localized material wastage in way of coating failure at bracket due to flexing of the structure. 3. Dynamic seaway loading in way of bow flare. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Adequate soft nose bracket endings with a face plate taper of at least 1 : 3 to be provided.

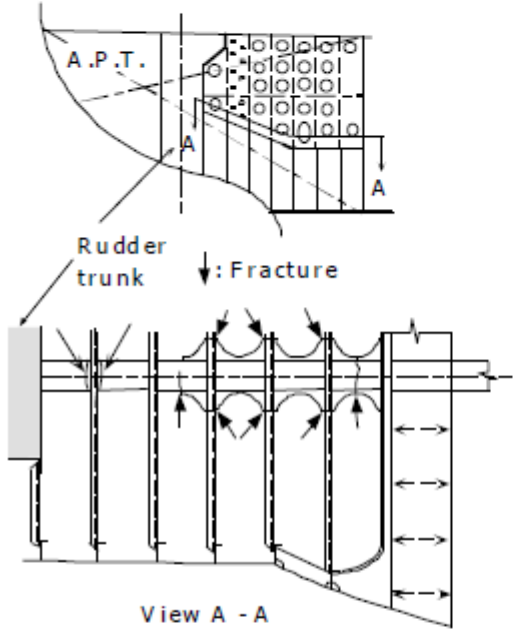
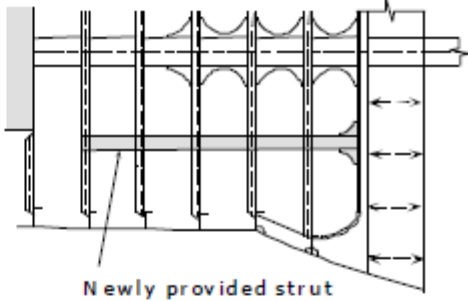
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 1	Fore end structure	3
Detail of damage	Fracture in side shell plating in way of chain locker	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Heavy corrosion in region where mud is accumulated.		Notes on repairs 1. Corroded plating should be cropped and renewed. 2. Protective coating should be applied.

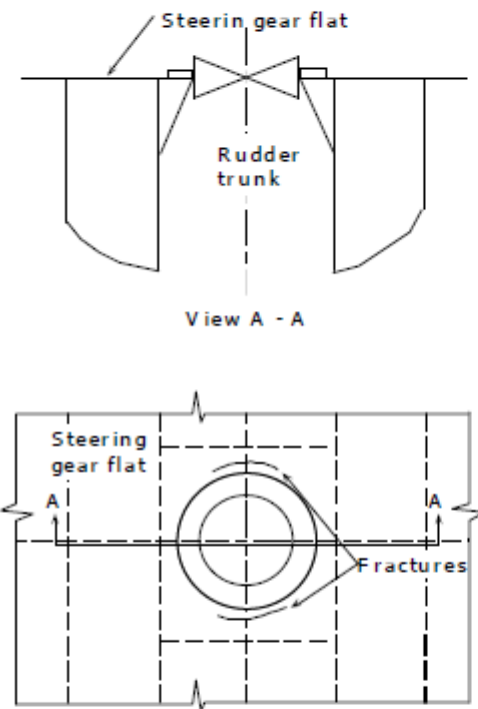
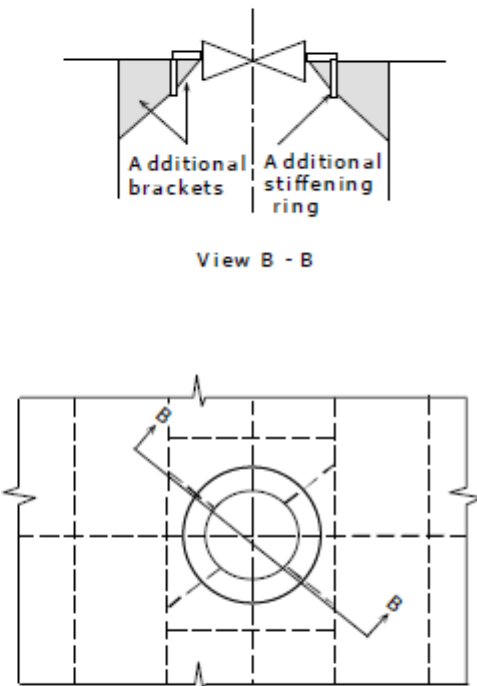
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 1	Fore end structure	4
Detail of damage	Deformation of forecastle deck	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage 1. Green sea on deck. 2. Insufficient strength.		Notes on repairs 1. Deformed structure should be cropped and renewed. 2. Additional stiffeners on web of beam should be considered for reinforcement.

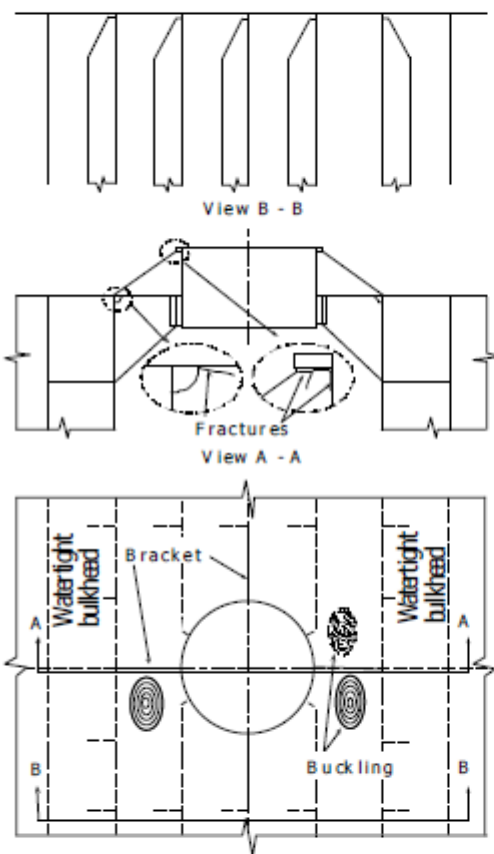
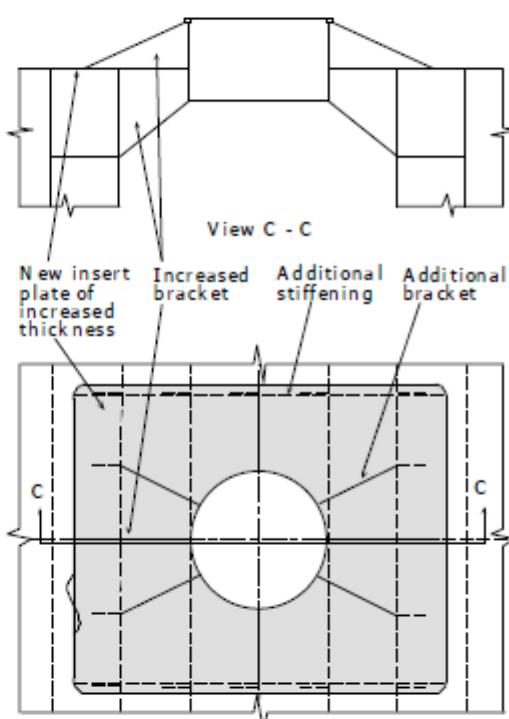
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 1	Fore end structure	5
Detail of damage	Deformation of side shell plating in way of forecastle space	
Sketch of damage  <p>Side shell plating in way of forecastle space</p> <p>Forecastle deck</p> <p>Buckling</p> <p>Center line</p> <p>Side shell stiffeners</p> <p>Side shell frame</p> <p>Upper deck</p>		Sketch of repair  <p>Repair A</p> <p>Center line</p> <p>Newly provided longitudinal stiffeners</p> <p>Repair B</p> <p>Center line</p> <p>Insertion of plate of increased thickness</p>
Notes on possible cause of damage 1. Heavy weather. 2. Insufficient strength.		Notes on repairs 1. Deformed part should be cropped and part renewed. 2. Repair A Additional stiffeners between existing stiffeners should be considered. Repair B Insertion of plate of increased thickness with additional stiffeners

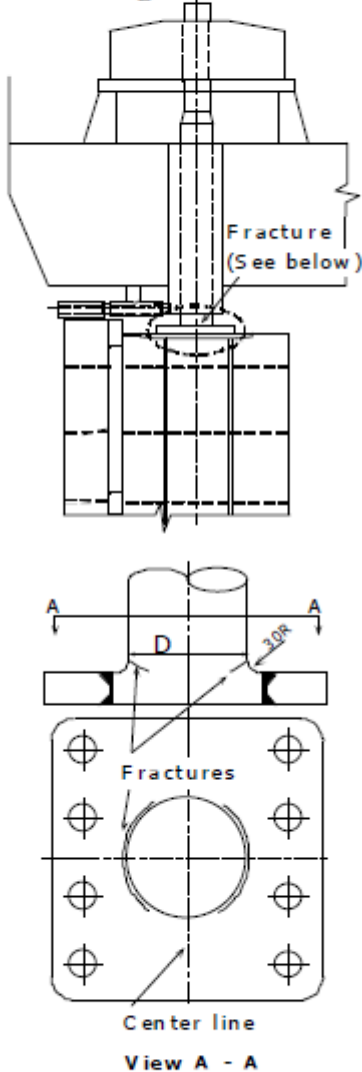
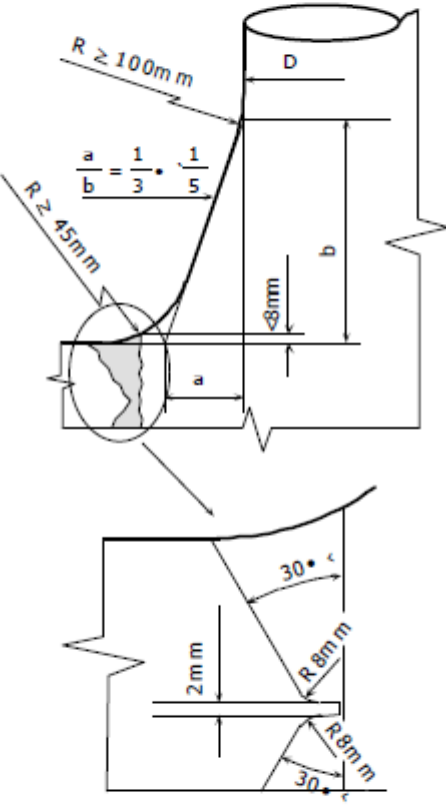
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 1	Fore end structure	6
Detail of damage	Fracture in forecastle deck plating at bulwark	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Fractures</p> <p>Fracture</p> <p>View A-A</p>		 <p>Bracket in line with bulwark stay</p> <p>View A-A</p>
Notes on possible cause of damage <ol style="list-style-type: none"> 1. Bow flare effect in heavy weather. 2. Stress concentration due to poor design. 		Notes on repairs <ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured deck plating should be cropped and renewed. 2. Bracket in line with the bulwark stay to be fitted to reduce stress concentration.

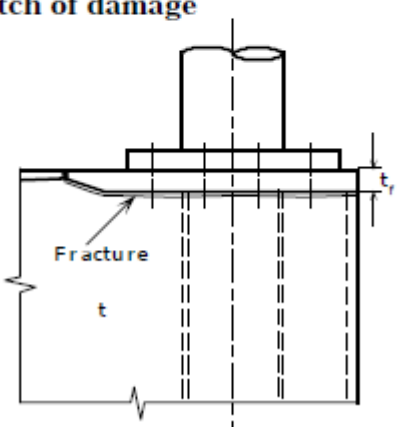
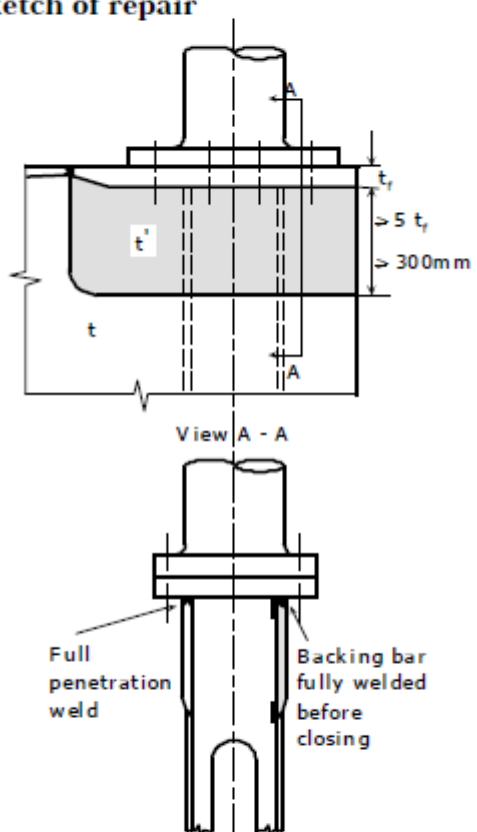
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 2	Aft end structure	1
Detail of damage	Fractures in bulkhead in way of rudder trunk	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Vibration.		1. The fractured plating should be cropped and renewed. 2. Natural frequency of the plate between stiffeners should be changed, e.g. reinforcement by additional stiffeners.

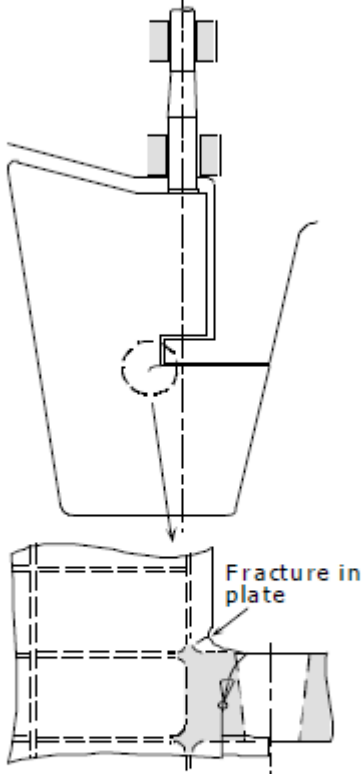
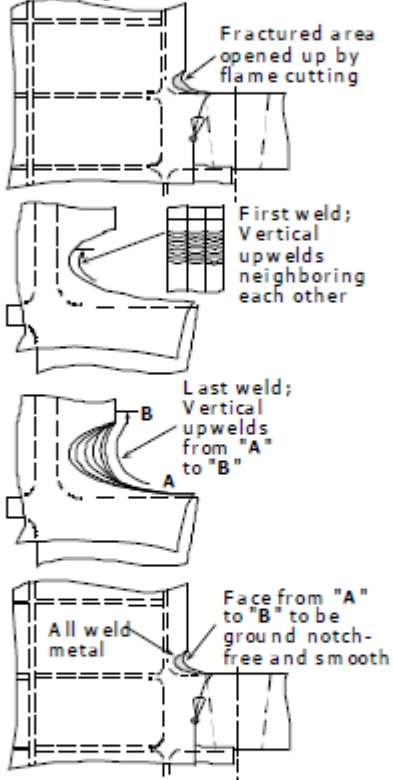
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 2	Aft end structure	2
Detail of damage	Fractures at the connection of floors and girders/side brackets	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Vibration.		Notes on repairs 1. The fractured plating should be cropped and renewed. 2. Natural frequency of the panel should be changed, e.g. reinforcement by additional strut.

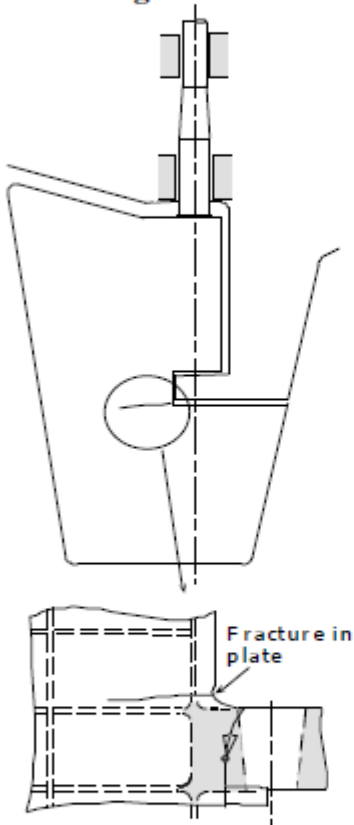
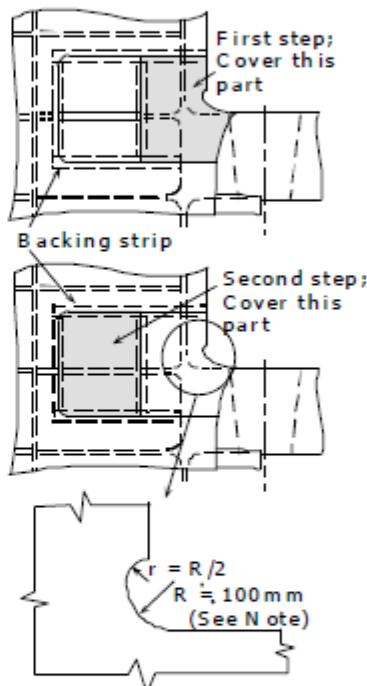
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 2	Aft end structure	3-a
Detail of damage	Fracture in flat where rudder carrier is installed in steering gear room	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Steering gear flat</p> <p>Rudder trunk</p> <p>View A - A</p> <p>Steering gear flat</p> <p>Fractures</p>		 <p>Additional brackets</p> <p>Additional stiffening ring</p> <p>View B - B</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Inadequate design.		1. Fractured plating should be cropped and renewed. 2. Additional brackets and stiffening ring should be fitted for reinforcement.

Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 2	Aft end structure	3-b
Detail of damage	Fractures in steering gear foundation brackets and deformed deck plate	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Insufficient deck strengthening (missing base plate). 2. Insufficient strengthening of steering gear foundation. 3. Bolts of steering gear were not sufficiently pre-loaded.		Notes on repairs 1. New insert base plate of increased plate thickness. 2. Additional longitudinal stiffening at base plate edges. 3. Additional foundation brackets above and under deck (star configuration).

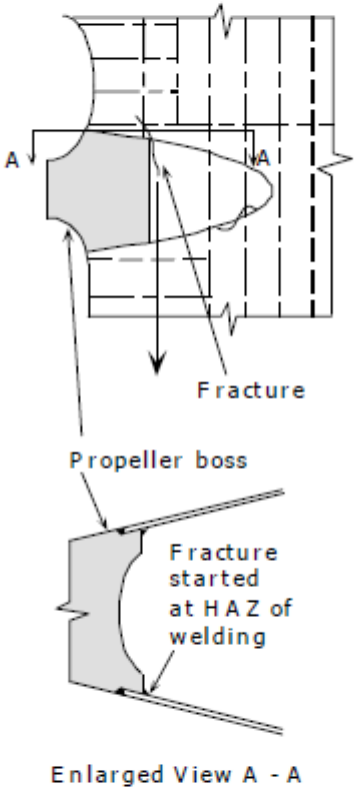
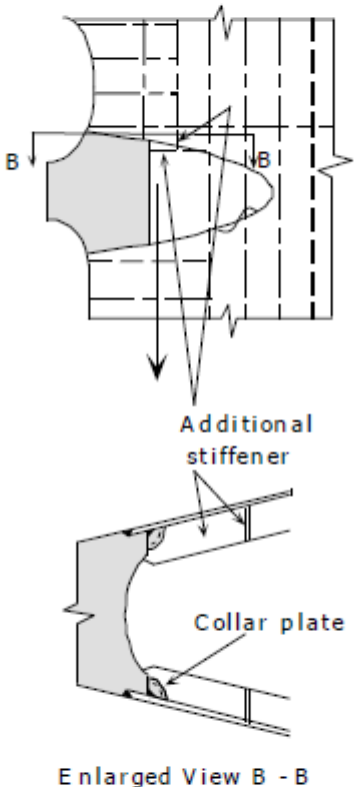
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 3	Stern frame, rudder arrangement and propeller shaft support	1
Detail of damage	Fracture in rudder stock	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Fracture (See below)</p> <p>Center line View A - A</p>		 <p>$R \geq 100\text{mm}$</p> <p>$\frac{a}{b} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{5}$</p> <p>$R \geq 45\text{mm}$</p> <p>$8\text{mm}$</p> <p>$30^\circ$</p> <p>$R 8\text{mm}$</p> <p>$2\text{mm}$</p> <p>$30^\circ$</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
1. Inadequate design for stress concentration in rudder stock.		1. Modification of detail design of rudder stock to reduce the stress concentration.

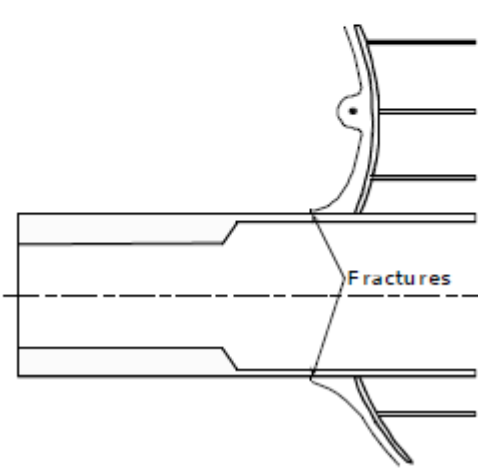
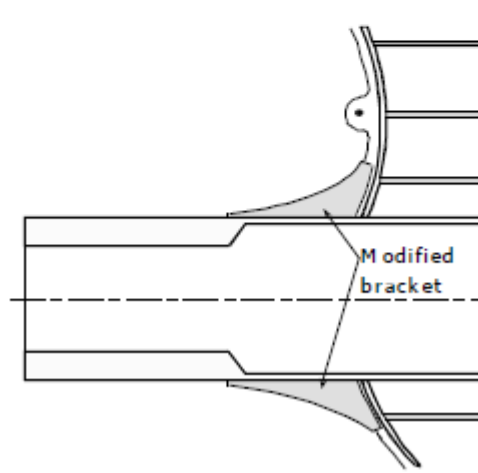
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 3	Stern frame, rudder arrangement and propeller shaft support	2
Detail of damage	Fracture in connection of palm plate to rudder blade	
Sketch of damage		Sketch of repair
		 <p>View A - A</p> <p>Full penetration weld</p> <p>Backing bar fully welded before closing</p> <p> t = plate thickness, mm t_r = actual flange thickness, mm $t' = \frac{t_r}{3} + 5$, mm, where $t_r < 50$ mm $t' = 3 \sqrt{t_r}$, mm, where $t_r > 50$ mm </p>
Notes on possible cause of damage 1. Inadequate connection between palm plate and rudder blade plating (insufficient plating thickness and/or insufficient fillet weld).		Notes on repairs 1. Modification of detail design of the connection by increasing the plate thickness and full penetration welding.

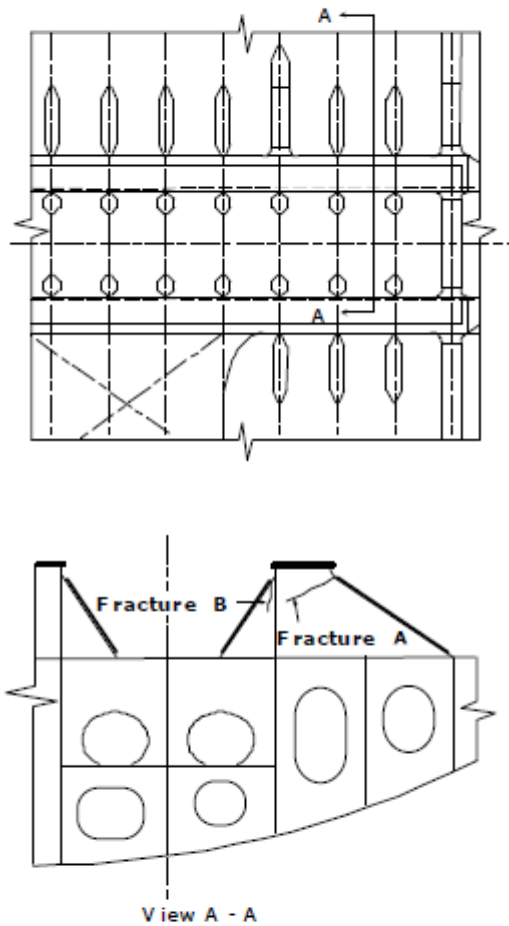
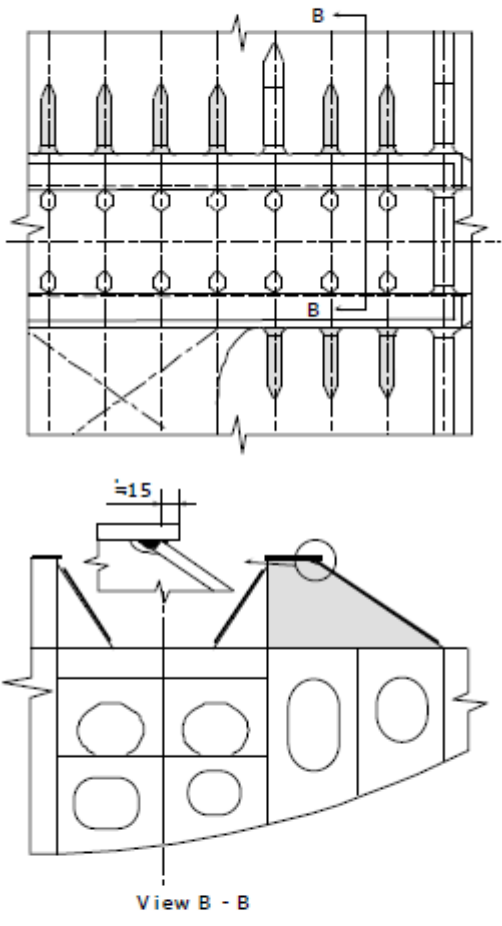
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 3	Stern frame, rudder arrangement and propeller shaft support	3
Detail of damage	Fracture in rudder plating of semi-spade rudder (short fracture with end located forward of the vertical web)	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration due to inadequate local design and/or fabrication notches in way of the butt weld between cast piece and plating. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Grooving-out and welding of the fracture is not always adequate (metallurgical notch in way of a high stressed area). 2. In the proposed repair procedure the metallurgical notches are shifted into a zone exposed to lower stresses. 3. After welding a modification of the radius according to the proposal in Example 5 is to be carried out. 4. In case of very small crack it can be ground off by increasing the radius.

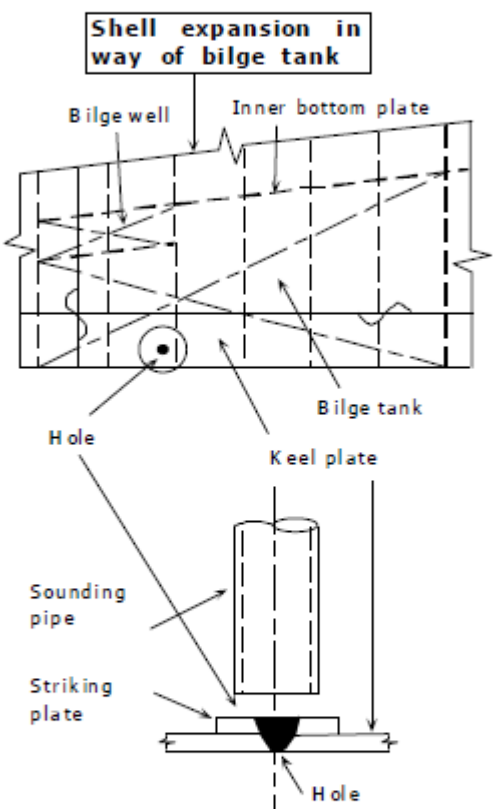
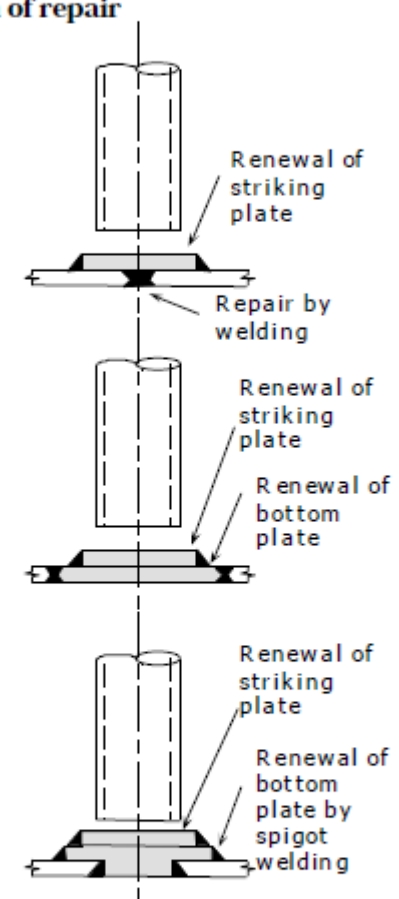
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 3	Stern frame, rudder arrangement and propeller shaft support	4
Detail of damage	Fracture in rudder plating of semi-spade rudder extending beyond the vertical web	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Fracture in plate</p>		 <p>First step; Cover this part</p> <p>Backing strip</p> <p>Second step; Cover this part</p> <p>$r = R/2$ $R \approx 100 \text{ mm}$ (See Note)</p> <p>Note: R should be considered according to local detail</p>
Notes on possible cause of damage		Notes on repairs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stress concentration due to inadequate local design and/or fabrication notches in way of the butt weld between cast piece and plating. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Fractured plating is to be cut-out. 2. Internal structures are to be checked. 3. Cut-out is to be closed by an insert plating according to the sketch (welding only from one side is demonstrated). 4. Modification of the radius. 5. In case of a new cast piece, connection with the plating is to be shifted outside the high stress area.

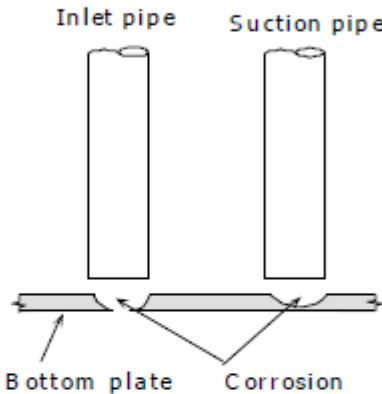
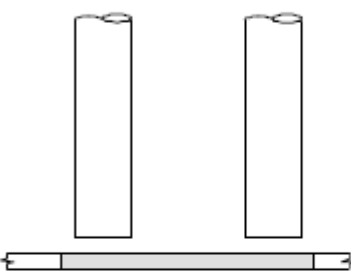
Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 3	Stern frame, rudder arrangement and propeller shaft support	5
Detail of damage	Fracture in rudder plating of semi-spade rudder in way of pintle cutout	
Sketch of damage 		Sketch of repair <p>Note: 1. R should be considered according to local detail 2. New contour should be ground smooth.</p> <p>Detail A</p> <p>View B - B</p>
Notes on possible cause of damage 1. Inadequate design for stress concentration in way of pintle bearing 2. (Fracture A). Imperfection in welding seam (Fracture B).		Notes on repairs 1. Fractured part to be cropped off. 2. Repair by two insert plates of modified, stress releasing contour. For the vertical seam no backing strip is used 100mm off contour, welding from both sides, to be ground after welding. 3. Variant (See Detail A): Repair as mentioned under 2 with the use of backing strip for the complete vertical seam. After welding backing strip partly removed by grinding.

Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 3	Stern frame, rudder arrangement and propeller shaft support	6
Detail of damage	Fracture in side shell plating at the connection to propeller boss	
Sketch of damage		Sketch of repair
 <p>Enlarged View A - A</p>		 <p>Enlarged View B - B</p>
Notes on possible cause of damage 1. Fatigue fracture due to vibration.		Notes on repairs 1. Fractured side shell plating is to be cropped and part renewed. 2. Additional stiffeners are to be provided. 3. Collar plate is to be provided.

Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 2	Fore and aft end regions	Example No.
Area 3	Stern frame, rudder arrangement and propeller shaft support	7
Detail of damage	Fracture in stern tube at the connection to stern frame	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage 1. Fatigue fracture due to vibration.		Notes on repairs 1. Fractured tube is to be welded from both sides. 2. Brackets are to be replaced by modified brackets with soft transition.

Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 3	Machinery and accommodation spaces	Example No.
Area 1	Engine room structure	1
Detail of damage	Fractures in brackets at main engine foundation	
Sketch of damage		Sketch of repair
		
Notes on possible cause of damage 1. Vibration of main engine. 2. Insufficient strength of brackets at main engine foundation. 3. Insufficient pre-load of the bolts.		Notes on repairs 1. Fractures may be veed-out and 2. rewelded. New modified brackets at main engine foundation. Or insert pieces and additional flanges to increase section modulus of the brackets.

Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 3	Machinery and accommodation spaces	Example No.
Area 1	Engine room structure	2
Detail of damage	Corrosion in bottom plating under sounding pipe in way of bilge storage tank in engine room	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Heavy corrosion of bottom plating under sounding pipe.		Notes on repairs 1. Corroded striking plating should be renewed. 2. Bottom plate should be repaired depending on the condition of corrosion. (Note) Repair by spigot welding can be applied to the structure only when the stress level is considerably low. Generally this procedure cannot be applied to the repair of bottom plating of ballast tanks in cargo hold region.

Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure		
Part 3	Machinery and accommodation spaces	Example No.
Area 1	Engine room structure	3
Detail of damage	Corrosion in bottom plating under inlet/suction/pipe in way of bilge tank in engine room	
Sketch of damage 		Sketch of repair 
Notes on possible cause of damage 1. Heavy corrosion of bottom plating under the inlet/suction pipe.		Notes on repairs 1. Corrode bottom plate is to be cropped and part renewed. Thicker plate is preferable. 2. Replacement of pipe end by enlarged conical opening (similar to suction head in ballast tank) is preferable.